Lane Medical Library

Aus der Universitäts-Kinderklinik zu Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Koeppe

1931

Über die Katalase des Blutes

Beitrag zur Methodik der Messung der Katalasewirkung

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät
der Hessischen Ludwigs-Universität
zu Gießen

vorgelegt von

Rudolf Müller
aus Lank

Gießen 1931

von Münchowsche Universitäts-Druckerei Otto Kindt G. m. b. H., Gießen

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen
Fakultät zu Gießen.

Referent: Prof. Dr. Koeppe.

Meinen lieben Eltern gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154005_0156

Quantitative Untersuchungen über den Gehalt des Blutes an Katalase sind zwar von einigen Klinikern schon zu Anfang des 20. Jahrhunderts gemacht worden, haben aber keinen richtigen Eingang gefunden. Erst in der letzten Zeit ist in Kinderkliniken diesem Gegenstand erneut Interesse zugewandt worden. In den Handbüchern wird die Katalase kaum erwähnt, obwohl doch allseits betont wird, daß es sich hier um äußerst wichtige Vorgänge und Erscheinungen des Lebens handeln muß. In einer Arbeit Bingolds ist folgende Stelle aus dem Kapitel: Blut- und Blutkrankheiten von Morawitz erwähnt: „Die Katalase findet sich, allerdings in recht verschiedener Menge, in jedem tierischen und pflanzlichen Gewebe, auch im Blutserum. Die physiologische Bedeutung der Katalase ist noch völlig ungeklärt — und in anderen Lehrbüchern der inneren Medizin oder der Hämatologie findet die Katalase überhaupt keine Erwähnung."

Der Grund hierfür mag wohl darin zu suchen sein, daß jeder Untersucher anfänglich, durch die Schwierigkeiten der Untersuchungstechnik abgeschreckt wird, insofern als durch eine gewisse Unstimmigkeit der Versuchsresultate, Zweifel am Wert der Untersuchungen auftreten. In der Tat lassen sich zur Zeit die Resultate verschiedener Untersucher, obwohl sie anscheinend nach derselben Methode gearbeitet haben, nicht in Einklang bringen. Deshalb wurde mir die Aufgabe gestellt, an Hand der bisherigen Untersuchungen, die Methode der Katalasemessung bei den verschiedenen Untersuchern erneut miteinander zu vergleichen und möglichst alle, die Resultate der Katalasemessung beeinflussenden Momente und Faktoren festzustellen und zu prüfen.

Deshalb werden in der Einleitung die Anschauungen über Wesen und Funktion der Katalase nur insoweit erwähnt, als zum Verständnis des Folgenden unbedingt notwendig.

Die Entdeckung, daß Zellen sowohl pflanzlicher wie tierischer Herkunft Stoffe enthalten, durch die sie die Fähigkeit erhalten, H_2O_2 zu zersetzen, machte man vor etwa 100 Jahren. Eine große Anzahl Zellen aller Gattungen besitzen diese Fähigkeit, und Schoenbein kam zu der Ansicht, daß die H_2O_2 zersetzende Eigenschaft die typische Reaktion aller Fermente sei. Er bezeichnete diesen Vorgang sogar als das Urbild der Gärungen. Berzelius, verglich die H_2O_2-Zersetzungen durch Platin mit der bei Gärungen und prägte für alle diese Erscheinungen den Namen „Katalyse". Es entstanden zahlreiche Theorien, die alle die Vorgänge bei der Katalyse zu klären versuchten. Die energetische Auffassung des Katalysebegriffs durch Ostwald unter Berücksichtigung des Faktors „Zeit" ist als ein Fortschritt zu bezeichnen. Seine Definition lautet: „Katalyse ist die evtl. auch negative Beschleunigung eines langsam verlaufenden chemischen Vorgangs durch die Gegenwart eines fremden Stoffes." C. Oppenhei-

mer wählte unter Zugrundelegung dieses allgemein gültigen
waldschen Satzes für die Fermente, die er für etwas unbedingt
ganisches hält, den Namen: Organische Katalysatoren. In die
Sinne wurde die H_2O_2 zersetzende Kraft der Zellen auch als du
einen Katalysator bedingt aufgefaßt. Die Berechtigung hierzu ga
die Versuche Bredigs und Müller von Bernecks. Sie fan
weitgehende Ähnlichkeiten zwischen der durch ihr Platinsol bed
ten Katalyse von H_2O_2 und der H_2O_2-Zerlegung durch die Zelle

Die Schönbeinsche Anschauung erwies sich als falsch, denn e
um die Jahrhundertwende konnten Jakobson und Loew nachwei
daß sich die H_2O_2 zersetzende Kraft eines Ferments vernichten l
ohne damit auch gleichzeitig die spezifische Fähigkeit des Ferme
zu zerstören. Daraus mußte man schließen, daß die H_2O_2 zersetze
Wirkung einer besonderen Form oder Art der Fermente zuzusch
ben sei. Loew faßte diese unter dem Namen „Katalase" zusamm

Er isolierte aus Tabakblättern ein Ferment, das ausschließ
die H_2O_2 zersetzende Eigenschaft aufwies. Er glaubt, daß es z
eigene H_2O_2 spaltende Fermente gibt, eine lösliche α-Katalase und
in Wasser unlösliche β-Katalase. Das Charakteristikum der Kata
ist die Fähigkeit, H_2O_2 zu zersetzen. Unter Katalase des Blutes v
also bei Koeppe und Torday zunächst die H_2O_2 zersetzende Kraft
Blutes verstanden.

Die physiologische Bedeutung der Katalase ist noch völlig u
klärt. Bisher ist es noch nicht gelungen, H_2O_2 einwandfrei im le
den Organismus nachzuweisen. Man nimmt an, daß jede Spur H
die im Organismus frei wird, sofort durch die Katalase zersetzt w
da schon ganz geringe Mengen H_2O_2 eine schädliche und zerstöre
Wirkung auf das Zellprotoplasma ausüben. Bach und Cho
unterscheiden drei Gruppen von Oxydationsfermenten: erstens
Oxygenasen, die molekularen Sauerstoff unter Peroxydbild
aufnehmen; zweitens die Peroxydasen, die das so entstand
Peroxyd aktivieren und dadurch aktiven Sauerstoff an die oxydab
Stoffe abgeben; und drittens die Katalasen, die dann das n
vorhandene Peroxyd, was für die Peroxydasen unangreifbar blieb,
nichten, indem sie es in molekulares inaktives O_2 und H_2 zerle
Nach Thomson ist dieser Spaltungsprozeß exothermischer Art.

Bach und Subkowa nehmen an, daß neben der Katalase n
ein Stoff, den sie Protease nennen, wirksam ist. Sie führen
Schwächerwerden der Katalasewirkung bei höherer Temperatur
die Wirkung der Protease zurück. Die Protease hemmt bzw. zers
nach ihrer Ansicht die Katalase. Bei A. Bach findet sich folge
Anschauung: „Als das häufigste Umsetzungsprodukt der organisc
Peroxyde, die bei der langsamen Verbrennung von leicht oxydierba
organischen Stoffen entstehen, tritt Hydroperoxyd auf, daß in ge
sen Fällen auch primar sich bilden kann. Unter Umständen kön
sich dieses Hydroperoxyd in der Zelle anhäufen und wegen se
großen Diffusisibilität die empfindlichen Anteile der Zelle schädi
Um dieser Gefahr zu begegnen, produziert die lebende Zelle ein ec
Schutzferment — die Katalase — die Hydroperoxyd mit größter E
gie in Wasser und inaktiven Sauerstoff zerlegt. Hydroperoxyd

ert ist aber hier, daß bei Anwesenheit von oxydierbaren Substraten ne Verteilung der Hydroperoxyds zwischen Peroxydase und Katase stattfindet. Die Katalase verhindert also nicht die Verwertung des ydroperoxyds durch die Peroxydase für Oxydationszwecke, sie funert nur als Regulator der Oxydationsprozesse." Im übrigen steht der utor auf Bredigs Standpunkt. „Ein Ferment ist ein im lebenden Oranismus vorkommender, an biochemischen Prozessen beteiligter Kalysator, der durch Kochhitze zerstörbar ist."

Wir kennen also weder Struktur noch die chemische Formel oder rgleichen der Fermente, aber aus der Wirkung können wir das Vorandensein eines Fermentes nachweisen. Für manche der Fermente t es auch möglich, ihre spezifische Wirkung zu messen. Die Wirung der Katalase besteht darin, H_2O_2 in Wasser und molekularen auerstoff zu zerlegen. Der Grad der Wirkung der Katalase ist der aßstab für die jeweilige Katalaseenergie.

Um die Katalasewirkung zu messen, hat man zwei Methoden, ie physikalisch-volumetrische und die chemisch-titrimetrische Meode. Bei der ersten ergibt die Menge des durch die Zersetzung entandenen freien Sauerstoffs unmittelbar die Größe der Zersetzung ccm O, bei der zweiten gibt die Differenz zwischen der ursprüngch zugesetzten Menge H_2O_2 und der titrierten die Größe der Zerreuung in mg H_2O_2 an. Die Umrechnung des bei der volumetrischen ethode entstandenen Sauerstoff in mg H_2O_2 erfolgt durch Multiplition der jeweilig entstandenen Gasmenge mit dem Faktor 3,03. Dier Faktor ergibt sich aus folgender Berechnung.

Das Merksche Perhydrol enthält 30 Gewichtsprozente Wasseroffsuperoxyd und wird als „100 Volumen Sauerstoff" bezeichnet. er letzte Name soll zum Ausdruck bringen, daß aus solchem Wasrstoffsuperoxyd das 100fache seines Volumens an Sauerstoff in reiheit gesetzt werden kann. Demnach enthält

)0 gr Perhydrol (30% H_2O_2 lös.) .. 30 gr H_2O_2 liefert 10 000 ccm O bei
1 gr Perhydrol (30% H_2O_2 lös.) 0° und 760 ccm Druck
1 gr + 29 aq. dest. = (1% H_2O_2 lös.) 0,3 gr H_2O_2 liefert 100 ccm O
1 gr (1% H_2O_2 lös.) 0,01 = 10 mg H_2O_2 liefert 3,3 ccm O
3 ccm Sauerstoff entsprechen also 10 mg H_2O_2

ccm Sauerstoff entsprechen also $\frac{10}{3{,}3} = 3{,}03$ mg H_2O_2

An und für sich scheint es also ganz gleichgültig, welche Meode man wählt, denn man kann ja das Resultat der einen ohne eiteres mit dem der anderen vergleichen und umrechnen.

So einfach ist die Sache aber nicht. Beim Titrieren von H_2O_2 nn, durch die für die Zersetzung des H_2O_2 sonst ganz indifferente offe das Titrationsergebnis beeinflußt werden, wenn gleich der Grönwert dieses Einflusses nur ganz gering ist. Auch die Volumbeimmung des freigemachten Sauerstoffs bedarf einer einwandfreien pparatur, damit nichts von dem Sauerstoff für die Messung verren geht, weiter aber auch alle bei der Volummessung eines Gases Frage kommenden Vorsichtsmaßregeln getroffen sind. Eine Appatur, die dieser Forderung gerecht wird, wurde von Koeppe zu-

sammengestellt, und von Schellhase im Jahre 1903 bei sein Untersuchungen über die Katalase der Milch zum ersten Mal benut Sie stellt ein völlig in sich geschlossenes System dar (s. Koeppe, U. Strahlen und Katalase pag. 9. Abb. 1). Eine nähere Beschreibung übrigt sich, da dies an angegebener Stelle ausführlich geschehen ist

Die Untersuchungen von Heyse über die Katalase des Blu beweisen, daß beide Methoden unter dieser Voraussetzung vollstä dig gleichwertig sind. Die volumetrische Methode bietet dazu nc den großen Vorteil, daß man jeder Zeit ohne Unterbrechung des V suchs den Verlauf der Reaktion beobachten und messen kann.

Senters Versuche, die H_2O_2 zersetzende Wirkung des Blu durch exakte quantitative Messung zu erfassen, sind die ersten die Art. Alle früheren Untersuchungen anderer Autoren sind mehr qua tativer Natur. Seine ersten Versuche galten der Isolierung H_2O_2 zersetzenden Enzyms des Blutes. Zuerst war man der Ansic daß diese so wirksame Substanz des Blutes an das Haemoglob gebunden sei. Bergengrün schrieb dem Stroma der Erythrocyt diese Eigenschaft zu. Senter fand aber bei seinen Untersuchungen, d der H_2O_2 zersetzende Bestandteil des Blutes fast vollständig in W ser löslich ist, ja sogar filtriert werden kann, ohne wesentlich seiner Wirkung dabei einzubüßen. Es gelang ihm aus Blutlösung ei Substanz, die er „Hämase" nannte, zu isolieren, die in hohem Ma die H_2O_2 zersetzende Eigenschaft besaß. Bei seinen Untersuchung über die Abhängigkeit der Katalasewirkung von verschiedenen Fa toren benutzt er Lösungen seines Hämasepräparates.

An einer Stelle seiner Arbeit schreibt er: „Wenn man wenig B und verhältnismäßig starkes H_2O_2 verwendet, findet man, daß si die Lösung während der Reaktion allmählich entfärbt, schließli wird die Lösung völlig farblos, und die Katalyse hört vollkomm auf. Dieses Resultat stimmt mit den Beobachtungen anderer Autor überein und wird dadurch erklärlich, daß zu gleicher Zeit mit d Katalyse eine Oxydation des Katalysators stattfindet. Um diese Ox dation soweit wie möglich zu vermeiden, empfiehlt es sich mit ve dünnten H_2O_2-Lösungen zu arbeiten und die Katalyse bei niedrig Temperatur vorzunehmen."

Euler vertritt in seiner Chemie der Enzyme (1920) diesel Meinung: Er schreibt: „Die Katalase ist überhaupt offenbar geg Oxydationsmittel sehr empfindlich." Senter verwandte deshalb star Hämaselösungen und sehr verdünnte H_2O_2-Lösungen, z. B. 1/400 m lar. Diese Furcht vor höherer Konzentration des H_2O_2 und ihrem z störenden Einfluß auf die Katalase, hielt sich lange Zeit. Die sp teren Untersucher verwenden auch nur H_2O_2-Konzentration bis höc stens 1%. Als Meßmethode benutzte Senter die Titrationsmethode m Kaliumpermanganat. Anfänglich hatte er mit der volumetrischen g arbeitet, in der Anordnung, wie sie von Raudnitz, Loew und Jako son angewandt worden war. Er kam jedoch zu der Ansicht, daß die Methode nicht genau genug sei, da eine Übersättigung mit Sauersto eintrete. Letzterer Übelstand wird dadurch erklärlich, daß Senter m 100 ccm und mehr Hämaselösung und den entsprechend großen Rea tionsvolumina arbeitete. Obwohl sich seine Resultate alle auf se

ämasepräparat beziehen, es uns aber vor allem darauf ankommt, e Wirkung einer Blutlösung mit allen ihren Bestandteilen zu erhren, sind doch seine Endergebnisse sehr beachtlich: Er fand, daß stens die Reaktion proportional der Konzentration des H_2O_2 verluft; zweitens, daß die Reaktionsgeschwindigkeit innerhalb der Verchsfehler in sehr verdünnter H_2O_2-Lösung proportional der Enzymnzentration ist. Daneben stellte er das Inaktivwerden des Enzyms rch Erhitzen fest und bewies, daß die Säuren eine sehr starke Verigerung der Katalyse hervorrufen, ohne daß das Enzym dadurch uernd beschädigt wird. An Hand von weiteren Versuchen studierte die Einwirkung von Salzen und anderen Giften auf sein Hämaseäparat. Am Schluß seiner Arbeit schreibt er: „In verdünnten Lösunn folgt die Katalyse von H_2O_2 durch Hämase genau dem Massenirkungsgesetze. Aus den Versuchstabellen geht hervor, daß Hämase, achdem sie schon eine bedeutende Menge H_2O_2 zersetzt hat, noch nau dieselbe Wirksamkeit gegen H_2O_2 besitzt und daß zwischen der Wirkung von Enzymen und anorganischen Katalysatoren kein wentlicher Unterschied zu bestehen scheint."

Die zwei Jahre nach der Arbeit Senters veröffentlichten Unterchungen von Jolles und Oppenheim behandeln die quantitave Messung der Katalasewirkung von Blutlösungen mit allen Blutstandteilen. Als Meßmethode verwenden sie die Thiosulfattitrationsethode, sie titrieren also nicht wie Senter das unzersetzt gebliebene $_2O_2$ mit Permanganat in schwefelsaurer Lösung, sondern fügen dem eaktionsgemisch konzentrierte Salzsäure, Jodkalium und Stärkekleier zu und titrieren dann mit Natriumhyposulfitlösung. Durch Vereichsversuche haben sie festgestellt, daß beide Arten der Titration eichgut brauchbar sind.

Zu Anfang ihrer Untersuchungen versuchten sie die absolute $_2O_2$-Zersetzungskraft der Blutkatalasen festzustellen. Sie verdünnn 0,1 ccm Blut mit 50 ccm 0,9% NaCl lös. und setzten 2 ccm dieser lutlösung, von 20 ccm 1% H_2O_2 angefangen, immer steigend bis) ccm H_2O_2-Lösung zu. Als Endwert erhielten sie eine Zersetzung on 0,651 gr H_2O_2, auf 1 ccm Blut umgerechnet, 162,8 g H_2O_2. Sie ommen zu der Auffassung, daß es ein fruchtloses Beginnen wäre, e absolute H_2O_2-Zersetzungskraft des Blutes zu bestimmen, da eben eses wirksame Agens im Blut ein Katalysator sei, der unbegrenzte engen anderer Stoffe zerlegen könne, ohne selbst wesentlich verndert zu werden.

Sie suchten deshalb nach der Möglichkeit, bei Messung der retiven Katalasewirkung ziemlich konstante Werte zu erhalten. In rer Arbeit heißt es: „Vor allem war zu ermitteln, in welchem Verältnis die Menge des Blutes zu jener der H_2O_2 stehen muß, damit e zersetzte H_2O_2-Menge einen möglichst konstanten Wert annimmt. us unseren Versuchen geht hervor, daß konstante Werte für die $_2O_2$-Zersetzung nur dann erhalten werden, wenn das Verhältnis der enge der Blutlösung zu jener der H_2O_2-Lösung ein konstantes ist. t ein Überschuß an H_2O_2 vorhanden, so steigt auch die Menge des rsetzten H_2O_2 an. Bei gleichem Verhältnis der Mengen und gleicheibender Einwirkungsdauer ist die Konstanz der Zahlen eine be-

friedigende. Verlängerung der Einwirkungsdauer bringt bedeuten Erhöhung der zersetzten H_2O_2-Menge mit sich."

Sie wählen deshalb für ihre Hauptuntersuchungen folgende V suchsanordnung: 0,05 ccm Blut werden mit 50 ccm 0,9% NaCl.-Lösu verdünnt. Von dieser Blutlösung werden jedesmal 10 ccm mit 30 c 1% H_2O_2-Lösung zersetzt und nach 2stündiger Einwirkung bei Zi mertemperatur wird mit Thiosulfat zurücktitriert.

Bei der Auswertung von etwa 100 Katalasebestimmungen erh ten sie für 1 ccm normales Menschenblut als mittleren Zersetzun wert die Zahl von 23 g H_2O_2, da die Mehrzahl ihrer gefundenen We zwischen 20 und 26 liegt.

Bei ihren Untersuchungen über den Einfluß verschiedener ä ßerer Faktoren auf die Katalasewirkung fanden sie eine Hemmu der Wirkung bei Erniedrigung, wie bei Erhöhung der Temperat und bei Zusatz von schon ganz geringen Mengen Säuren, währe bei Zusatz von Protoplasmagiften, wie Sublimat und bei einer E wärmung über 70° eine vollständige Aufhebung der Wirkung fe zustellen war. Fast keinen merklichen Einfluß übte hingegen der Z satz von Lauge und Alkohol auf die Kraft der Katalase aus. Folgen Bedingungen wären also, unter Berücksichtigung der Resultate ihr Versuche, um vergleichbare konstante Werte zu erhalten, bei der M thodik der Katalasemessung einzuhalten: Gleiche Temperatur, ko stantes Verhältnis zwischen der Menge der Blutlösung und Menge d H_2O_2-Lösung, keine zu große Menge H_2O_2 und niedrige H_2O_2-Ko zentration und gleichlange Einwirkungsdauer. Unter solchen Vorau setzungen ist nach ihrer Ansicht der jeweilige Katalasegehalt des Bl tes der einzige veränderliche Faktor.

v. Dalmady und v. Torday hingegen, die einige Zeit spät hierüber Versuche angestellt haben, bestritten, daß bei oben erwäh ten Faktoren, die einzige Variable der Katalasegehalt des Blutes wä sie empfehlen daher nur von Vergleichen der Katalysierfähigkeit und nicht von Vergleichen des Katalasegehalts des Blutes zu sprech

Diese Ansicht blieb nicht vereinzelt. Batelli und Stern ne men eine ganze Reihe von Fermenten an, durch deren Zusamme wirken erst die eigentliche Katalasewirkung zustande kommt. B Bach und Zubkowa, auf deren Untersuchungen im folgend näher einzugehen sein wird, findet man, wie schon erwähnt, die A nahme von zwei Fermenten, der Katalase und der Protease.

Als Meßmethode verwenden Bach und Zubkowa die Kaliump manganattitration. Ihre Versuchsanordnung ist folgende:

20 cmm Blut werden mit einer Capillarpippette abgemessen u in 20 ccm aq. dest. ausgeblasen.

Sie erhalten so eine hämolysierte Blutlösung von 1 : 1000, d. h. 1 cc dieser Lösung entspricht 1 cmm Blut. Einen Teil dieser Blutlösun inaktivieren sie durch Kochen. In drei Erlenmeyerkölbchen, a, b, die je 7 ccm aq. dest. enthalten, bringen sie je 1 ccm der Blutlösun und zwar in a 1 ccm der inaktivierten, in b und c 1 ccm aktive Blu lösung. Den Inhalt des Kölbchens c erwärmen sie eine Stunde la auf 37° und kühlen dann auf 17° ab.

Nun fügen sie zu jedem Reaktionsgemisch 2 ccm einer 1% H_2O_2-ösung und nach halbstündiger Einwirkung bei 17° unterbrechen sie e Reaktion mit 3 ccm 10% H_2SO_4 und titrieren.

In a tritt keine H_2O_2-Zersetzung ein, da die Katalase durch Ko-ıen zerstört ist. Bei der Titration ergibt sich also die vollständige enge der zugesetzten H_2O_2-Lösung.

Die Differenz zwischen a und b ergibt auf H_2O_2 mg umgerech-ːt, die H_2O_2-Menge, die durch 1 ccm aktive Blutlösung bei 17° zer-gt wurde (Katalasezahl). Die Differenz zwischen a und c er-bt die H_2O_2-Menge, die durch die bei 37° gehaltene aktive Blut-sung zerlegt wurde. Die Differenz der bei 17° zerlegten H_2O_2-Menge ıd der bei 37° zerlegten ergibt in mg H_2O_2 die Abnahme der Ka-lase unter dem Einfluß der Protease (Proteasezahl).

Zum besseren Verständnis führe ich einen ihrer Versuche als ːispiel an:

	a	b	c
	Inakt. Blutlös. bei 17°	akt. Blutlös. bei 17°	akt. Blutlös. bei 37°
ːrbrauchtes $KMnO_4$	12,1 ccm	2,4	4,9
ınderverbrauch gegenüber „a“	—	9,7	7,2
ːrsetztes H_2O_2	—	$1{,}7 \times 9{,}7 = 16{,}66$ mg = Katalasezahl; $1{,}7 \times 7{,}2 = 12{,}24$ mg, $16{,}66 - 12{,}24 = 4{,}2$ mg = Proteasezahl.	

Der Faktor „1,7“ ist die 1 ccm ihrer Permanganatlös. äquivalente ːnge H_2O_2 in mg. Ihre Definition lautet: „Die Katalasezahl ist die ˇ Milligramm H_2O_2 ausgedrückte H_2O_2-Menge, die durch 0,001 ccm ut unter den angegebenen Bedingungen zersetzt wird.“

„Die Proteasezahl ist die in Milligramm H_2O_2 ausgedrückte, durch rangehendes Erwärmen der Blutlösung auf 37° hervorgebrachte Ab-hme der Katalasewirkung.“ Ihre Annahme, daß die Abnahme der ıtalasewirkung der Proteasewirkung zuzuschreiben sei, und nicht r durch die Temperaturerhöhung bewirkten Steigerung der Emp-ıdlichkeit und der Unbeständigkeit der Katalasewirkung an und für h, wird deshalb von ihnen als gerechtfertigt angesehen, weil bei ıem und demselben Versuchsobjekt gleichen Katalasezahlen, bei mperaturerhöhung ungleiche Proteasewerte gegenüberstehen.

Nach ihren Untersuchungen schwankt die Katalasezahl des Blu- gesunder Menschen zwischen 14 und 18 (Mittelwert 16), die Pro-ısezahl zwischen 3 und 5 (Mittelwert 4). Zur besseren Übersicht und m Vergleich sind im folgenden die Versuchsanordnung, Methodik d Mittelwert der Resultate bei Jolles-Oppenheim einerseits und ch-Zubkowa andererseits in Tabellenform gegenübergestellt.

Die Tabelle zeigt übersichtlich, worin beide Untersuchungsarten ereinstimmen, und wo eine verschiedene Anordnung gewählt ist. fremdend und die zulässige Fehlergrenze weit überschreitend, ist die ɔße Differenz bei dem Endresultat. Die Untersuchungen von Bi-hoff dagegen und einiger russischer Autoren, die genau dieselbe

Faktoren	Jolles-Oppenheim	Bach-Zubkowa
1. Methode:	Thiosulfattitration	Permanganattitration
2. Bltlös:	0,05 ccm Bl. u. 50 ccm 0,9%ige NaCl (1:1000)	0,02 ccm Bl. u. 20 ccm aq. dest. (1:1000)
3. Art der Verdünnungsflüssigkeit	0,9%NaCl lös.	aq. dest.
4. Versuchsmenge (Blutlös.)	10 ccm Blutlös. = 10 cmm Blut	1 ccm Blutlös. = 1 cmm Bl.
5. H_2O_2menge	30 ccm H_2O_2 lös. = 300 mgr	2 ccm H_2O_2lös. = 20 m
6. H_2O_2 Konz.	1%	1%
7. Zusatzflüssigkeit zum Versuch	—	7 ccm aq. dest.
8. Aktionsvolumen	40 ccm	10 ccm
9. Temperatur	17°	17°
10. Einwirkungsdauer	2 Stunden	1/2 Stunde
11. Wirkl. Konz. d. H_2O_2 im Reaktionsgemisch	ca. 0,65%	ca. 0,25%
Katalasezahl für 1 cmm Blut	23 mgr H_2O_2 (Mittelwert)	16 mgr H_2O_2 (Mittelwer

Anordnung wie bei der Mikromethode nach Bach und Zubkowa an wenden, stimmen ungefähr in ihren Resultaten überein. Die Angabe anderer Untersucher wieder, die eine etwas andere Anordnung wäh len, widersprechen diesen Resultaten. Es war nun zu untersuche worauf diese Unstimmigkeiten zurückgeführt werden konnten, u eine geeignete Methodik zu finden, die vergleichbare und einige maßen konstante Ergebnisse lieferte.

An der Gießener Kinderklinik sind im Laufe der letzten Jahr eine Anzahl Untersuchungen angestellt worden, in denen systematisc alle die in der ersten senkrechten Spalte obiger Tabelle angeführte Faktoren, durch deren Änderung ein Einfluß auf die Katalasewirkun möglich sein konnte, einer näheren Untersuchung unterzogen worde Bei den Untersuchungen wurden jeweilig alle Faktoren bis auf eine konstant gehalten, und die Änderung im Reaktionsverlauf konnte dan als durch diesen einen Faktor bedingt aufgefaßt werden.

Meßmethode.

Verwandt wurde die volumetrische Methode. Sie ist g rade für diese Untersuchungen besonders geeignet, da sie gestattet, de Reaktionsverlauf in jeder Phase ohne Unterbrechung des Versuch zu verfolgen, und zu gleicher Zeit mehrere Versuche nebeneinand anzustellen.

Einfluß der Abmessung des Blutquantums.

Bei den bisherigen Versuchen hatte sich die Katalasewirkung d Menschenblutes als so intensiv erwiesen, daß es vorteilhaft schien, d jeweilige Blutmenge so klein wie möglich zu wählen, um die En werte in möglichst engen Grenzen zu halten. Anfänglich benutzte ma eine Reichert-Capillare von 8,2 cmm und eine Bürkerpipette v 25 cmm Fassungsvermögen und verdünnte dieses Blutquantum m 8,2 bzw. 25 ccm Flüssigkeit. Man erhielt so jedesmal eine Blutlösu von 1 : 1000. 1 ccm dieser Lösung entsprach 1 cmm Blut. Heys

ellte Vergleichsversuche zwischen diesen beiden Abmeßarten an, und nd eine gute Übereinstimmung der Resultate. Der Einfluß dieses aktors konnte demnach als unwesentlich betrachtet werden. Jetzt ird allgemein eine Leitzpipette von 20 cmm benutzt, deren Inhalt it 20 ccm Lösungsmittel verdünnt wird, also auch eine Blutlösung : 1000.

Einfluß der Art der Verdünnungslösung.

Die Versuche von Terhechte und Heyse über die Einwirkung r verschiedenen Lösungsflüssigkeiten auf die Reaktion ergaben, daß aq. dest. hämolysiertes Blut durchweg eine größere Wirkung entltete, als Blut in isosmotischen und hypertonischen Salzlösungen. ie kleinsten Werte wurden bei Kochsalzlösungen festgestellt. Koeppe hrt dieses Verhalten darauf zurück, daß die Katalase eben nicht ɔi die unverletzte Zelle gebunden ist und sich deshalb in der hämosierten Blutlösung gleichmäßiger verteilt. Letzteres kommt sicher ich darin zum Ausdruck, daß man bei Vergleichsversuchen mit hämolysierten Blutlösungen besser übereinstimmende Resultate erzielt. ieraus ist ersichtlich, daß es notwendig ist, um vergleichbare Werte ɐi erhalten, daß alle Untersucher eine gleichartige Verdünnungsflüssgkeit für das Blut anwenden. Will man optimale Werte erhalten, so gnet sich am besten aqua destillata.

Einfluß der Blutmenge beim Versuch.

Vergleicht man die Versuchsordnungen bei den einzelnen Unterchern, so findet man, wie auch bei Jolles und Bach, bei vielen eiche Konzentration der Blutlösung, nämlich 1 : 1000, aber bald alle rwenden bei ihren Versuchen verschiedene Mengen von dieser Blutsung. Z. B. 1; 2; 2,5; 5; 10 ccm Blutlösung. Ihre Reaktionsgemische thalten also 1, 2, 2,5, 5, 10 cmm Blut. Aus ihren Resultaten errechn sie dann die Werte für 1 cmm; bzw. 1 ccm Blut. Jost fand nun i seinen daraufhin angestellten Untersuchungen, daß der Einfluß r verwendeten Blutmenge von großer Bedeutung ist. Ich führe zwei ner Versuche an:

Tabelle II.

	a	b
itlös:	2,5 cmm Blut	5,0 cmm Blut
dünnungs-	2,5 ccm aq. dest.	2,5 ccm aq. dest.
ssigkeit		
O_2 Zusatz	5 ccm 1% 5 ccm 2% 5 ccm 4%	5 ccm 1% 5 ccm 2% 5 ccm 4%
Entwickl. in Min.	15,5 ccm O_2 15,1 ccm O_2 13,3 ccm O_2	20,9 ccm O_2 32,7 ccm 34,2 ccm

Tabelle III.

	a	b	c
it	2,5 cmm	5,0 cmm	7,5 cmm
dünnungsflüssigkeit	2,5 ccm aq. dest.	2,5 ccm aq. dest.	2,5 ccm aq. dest.
O_2 Zusatz	5 ccm 2%	5 ccm 2%	5 ccm 2%
Entwickl. in 60 Min.	17,8 ccm	35,7 ccm	43,0 ccm

Aus diesen beiden und ähnlichen Versuchen schließt er, daß keinesfalls berechtigt ist, zu sagen: die doppelte Menge Blut zerse die doppelte Menge H_2O_2. „Ebenso lassen sich keine einfachen B ziehungen zwischen der Menge des Blutes — Katalasemenge mit der Menge des entwickelten O_2 — Katalasewirkung — mitteln, und es ist nicht angängig, die Katalasewirkung von 1 cm Blut (Katalasezahl) zu berechnen aus Versuchsresultaten, die bei V wendung einer anderen Menge als 1 cmm Blut gewonnen wurden."

Eine genauere Erörterung dieses befremdenden Resultats wi bis zur Schilderung meiner Versuche zurückgestellt, wo dann au gleichzeitig der Einfluß der H_2O_2-Menge auf den Reaktionsverla untersucht werden wird.

Einfluß der H_2O_2-Konzentration.

Seit Senter vor der Verwendung starker H_2O_2-Lösungen warn in dem Glauben, daß dann gleichzeitig eine Oxydation des Kata sators, also der Katalase, eintrete, durch die die Katalasewirkung a mählich aufgehoben würde, was sich in der Entfärbung der Bl lösung äußere, sind von allen späteren Untersuchern durchweg n ganz schwache H_2O_2-Lösungen benutzt worden.

Versuche an der hiesigen Kinderklinik mit höherer H_2O_2-Ko zentration ließen begründete Zweifel an dieser bisher herrschend Auffassung entstehen, und forderten dazu auf, die Wirkung dies Faktors einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Wir fi den bei Pleßner folgende Versuchsanordnung: Zu je 5 ccm h molysierte Blutlösung, enthaltend je 2 cmm Blut, wird je 5 ccm H_2O Lösung verschiedener Konzentration zugefügt, und zwar H_2O Konzentrationen von 0,5%, 1%, 2%, 4%, 8%, 15% und 30%. D die Blutlösung im Reaktionsgemisch in derselben Menge vorhand ist, wird die zufließende H_2O_2-Lösung von der Blutlösung zur Hälf verdünnt, es wirkt also in Wirklichkeit nur die halbe Konzentra tion auf die Katalase ein. Die Versuchstemperatur betrug imm 18° -21° Cels. Die entstehende Sauerstoffmenge wurde von 5 5 Minuten abgelesen, wodurch es möglich war, den Reaktionsverla in Gestalt von Kurven aufzuzeichnen, und die Dynamik der Blu katalase bei Einwirkung verschiedener H_2O_2-Konzentrationen bess zu vergleichen.

Tabelle IV.

Pleßner fand, daß 2 cmm Blut entwickeln ccm Sauerstoff

in	1	2	3	4	$13^1/_2$ Stunden
aus 5 ccm H_2O_2 0,25%:	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6 ccm O
„ „ „ 0,5 %:	15,2	15,4	15,4	15,4	15,4 ccm O
„ „ „ 1 %:	14,0	14,5	14,6	14,8	15,0 ccm O
„ „ „ 2 %:	11,3	12,0	12,2	12,5	13,7 ccm O
„ „ „ 4 %:	9,0	11,1	11,6	12,1	13,2 ccm O
„ „ „ 8 %:	5,9	6,8	7,5	8,2	12,6 ccm O
„ „ „ 15 %:	4,0	5,6	6,8	7,5	13,6 ccm O

Die Tabelle zeigt:

I. Bei den geringen H_2O_2-Konzentrationen wird innerhalb der sten Stunde wesentlich mehr Sauerstoff entwickelt als bei den hen Konzentrationen.

II. Bei längerer Einwirkungsdauer wächst der Sauerstoffwert bei ringer H_2O_2-Konzentration nur noch langsam, bis nach einer gewissen Zeit die Reaktion zum Stillstand kommt. Bei hoher H_2O_2-nzentration geht die Sauerstoffentwicklung lange Zeit hindurch kontinuierlich weiter.

III. Die Gesamtzersetzung, die bei den verschiedenen Konzentrationen in verschieden langer Zeit erzielt wird, ist für alle Konzentrationen annähernd die gleiche.

Nur die ganz geringen Konzentrationen müssen gesondert bewertet werden, denn bei ihnen bleibt die Gesamtzersetzung erheblich unter dem Wert, der bei der höheren Konzentration erzielten Sauerstoffmenge zurück.

IV. Die Katalase wird durch die hohen H_2O_2-Konzentrationen nicht zerstört, sondern nur die Reaktionsgeschwindigkeit ist bedeutend verlangsamt.

V. Eine bestimmte Katalasemenge macht eine bestimmte O_2-enge frei. Die Katalase kann kein Katalysator im Ostwaldschen nne sein, da nach allem anzunehmen ist, daß die Katalase ein gens mit einer sich erschöpfenden Energie darstellt.

Die Auffassung Senters über die schädliche, die Katalase oxyerende Wirkung hoher H_2O_2-Konzentration trifft nicht zu. Das Farbswerden der Blutlösung ist demnach keine Oxydation der Katase durch das H_2O_2, sondern vielleicht nur eine Oxydation des Blutrbstoffes durch das überschüssige H_2O_2, das, nachdem die Katalase rbraucht, seine Wirkung auf den Blutfarbstoff ausübt. Zur gleichen nschauung kommt Bingold. Er bezeichnet auf Grund seiner Versuche e Katalase als Blutfarbstoffschutzkörper bzw. Blutfarbstoffschutzmplex. Das H_2O_2 greift nach ihm nicht die Katalase an, sondern e Katalase vernichtet das H_2O_2. Ist dagegen keine Katalase mehr rhanden, oder ist sie durch einen anderen äußeren Einfluß zerstört rden, so greift noch vorhandenes H_2O_2 den Blutfarbstoff an.

Wertet man die Resultate Pleßners für die Methodik der Katalasemessung aus, so ist in Bezug auf den Gesamtzersetzungswert die nzentration der H_2O_2-Lösung gleichgültig. Es ist jedoch zweckäßig, sich für die Verwendung einer niedrigen Konzentration zu entheiden, da das Endresultat hierbei schneller erreicht wird, allerngs darf die Konzentration nicht zu gering gewählt werden, da dann der Regel dem betreffenden Blutquantum eine zu kleine Menge $_2O_2$ zugesetzt wird, wie meine Versuche ergaben. Als geeignet wurn die Konzentrationen zwischen 1% und 3% angesehen. Bei Anendung von 1 cmm Blut und einstündiger Einwirkungsdauer, wird den meisten Fällen bei diesen Konzentrationen annähernd eine Erhöpfung der Katalase erzielt.

Einfluß der Menge der Zusatz(verdünnungs)flüssigke

Die Verdünnungsflüssigkeit wirkt insofern auf den Reaktionsv
lauf ein, als ja mit ihrer Menge die Konzentration des zugesetzt
H_2O_2 verändert wird. Ist die Menge der Verdünnungsflüssigkeit se
groß, so wird die H_2O_2-Lösung so stark verdünnt, daß die Anfan
zersetzung wie auch die Gesamtzersetzung in einer bestimmten Z
gegenüber einer etwas stärkeren Konzentration zurückbleibt. D
Reaktionsverlauf wird also verlangsamt. Es empfiehlt sich daher
Vergleichsversuchen auch hierauf Rücksicht zu nehmen und imm
mit derselben Verdünnung — demselben Aktionsvolumen — zu a
beiten.

Einfluß der Temperatur.

Senter führte seine Versuche bei 0° aus. Er hatte festgeste
daß die Katalasewirkung bei 10° und höherer Temperatur gering
war als bei 0°, und daß nach Erhitzen über 70° die Katalasewirku
vollständig aufgehoben war. Diese Abnahme führte er darauf zurü
daß die Katalase bei höherer Temperatur schneller durch das H_2
oxydiert würde.

Bach und Zubkowa machen für die Abnahme der Katala
wirkung bei höherer Temperatur ein besonderes Ferment, die P
tease, verantwortlich.

Schmitt fand bei seinen eingehenden Untersuchungen über d
Abhängigkeit der Katalasewirkung von der Temperatur, daß die W
kung von 0° an bis etwa 21° etwas zunimmt, von 21° ab dageg
mit der Erhöhung der Temperatur abnimmt, bis bei 60° nur noch 1/
der bei Zimmertemperatur entwickelten O_2-Menge erzielt wurde.

Um eine optimale Katalasewirkung zu erzielen, wäre es a
zweckmäßig, die Messungen immer bei 18—21° vorzunehmen. Gleic
zeitig wird durch die Versuche Schmitts erhellt, daß es notwendig i
bei Vergleichsversuchen stets die gleiche Temperatur einzuhalten.

Bei der Wahl der Versuchsanordnung zu meinen Untersuchung
waren alle bisher gemachten Erfahrungen mitbestimmend. Die ob
erwähnten Faktoren wurden in Form, Art und Größe so gewäh
daß eine optimale und einwandfreie Wirkung gewährleistet schien.

Meine Versuchsanordnung war folgende:

An einer gut gereinigten Fingerbeere wurde durch Einstich m
dem Franckeschen Schnepper eine Blutung bewirkt und in eine Leit
kapillare 20 cmm Blut aufgesaugt. Dieses Blutquantum wurde
20 ccm aq. dest. steril. ausgeblasen und auf diese Weise eine hämol
sierte Blutlösung von 1 : 1000 erhalten. 1 ccm dieser Lösung enth
1 cmm Blut. Für jede Versuchsreihe wurde eine frische Blutlösu
hergestellt. Als Verdünnungslösung beim Versuche wurde immer a
dest. benutzt, welches abgekocht und mit stark empfindlichen Lac
muspapier geprüft, säurefrei war. Zur Herstellung der H_2O_2-Lösu
diente Merckssches Perhydrol rein (kein sog. Tropenperhydrol, da d
letztere, wie die Versuche von Jost zeigen, einen hemmenden Ei
fluß auf die Katalasewirkung ausübt). In den meisten Fällen k
eine Konzentration des H_2O_2 in der Höhe von 1% in Anwendung. D

Versuchstemperatur lag bei allen Versuchen zwischen 18° und 23° Celsius. Das Aktionsvolumen, das heißt das Gesamtvolumen des Reaktionsgemisches war bei Versuchen mit einem konstanten Blutquantum immer gleichgroß, 10 cbcm.

Neben der volumentrischen Methode wurde in einzelnen Fällen auch die titrimetrische angewandt, um die Gleichwertigkeit der beiden Methoden zu prüfen. Zum Titrieren wurde eine Kaliumpermanganatlösung benutzt, die pro Liter 3,7195 gr $KMnO_4$ enthielt. 1 ccm dieser Lösung entspricht 2 mg H_2O_2.

Bei einer ganzen Anzahl von Versuchen nach der volumetrischen Methode wurde nach Abschluß des Versuches die noch vorhandene unzersetzt gebliebene Restmenge des H_2O_2 durch Titration festgestellt. Addiert man den so gefundenen Wert in mg H_2O_2 zu der Menge des zersetzten H_2O_2, die aus den freigewordenen ccm Sauerstoff errechnet wurde, so ergibt sich die Gesamtmenge des jeweils zugesetzten H_2O_2. Auf diese Weise war es möglich, sich von der Exaktheit der Messung zu überzeugen. Gleichzeitig wurde damit erwiesen, daß in jedem Falle nur Sauerstoffgas gemessen worden war.

Jolles und Oppenheim vertreten, wie eingangs erwähnt, folgende Auffassung: „Konstante Werte für die H_2O_2-Zersetzung durch Blut werden nur dann erhalten, wenn das Verhältnis der Menge der Blutlösung zu jener der H_2O_2-Lösung ein konstantes ist. Ist ein Überschuß an H_2O_2 vorhanden, so steigt auch die Menge des zersetzten H_2O_2 an.

Pleßners Versuche ergeben, daß die Katalaseenergie erschöpfbar ist. Ist das richtig, so mußte es möglich sein, bei Wahl einer kleinen Blutmenge ihre Gesamtzersetzungsenergie festzustellen, und der dabei gefundene Wert mußte dann auch bei einem Überschuß an H_2O_2-Lösung konstant bleiben.

Die Tabellen zu Versuche 1 und 2 stellen meine ersten Untersuchungen in dieser Richtung dar. Zu je 1 cmm Blut (= 1 ccm Blutlösung 1 : 1000) wurde von 0,5 ccm 1% H_2O_2-Lösung = 5 mg angefangen bis zu 2,5 ccm 1% H_2O_2-Lösung = 25 mg steigend (also immer etwas mehr) H_2O_2 zugesetzt. Unverkennbar läßt sich ein Ansteigen der Sauerstoffmenge beim Vergleichen der nach einer Stunde Einwirkung erzielten Werte feststellen. Schon die nach den ersten 5 Min. erzielten Sauerstoffwerte zeigen dieses Anwachsen deutlich. Aus diesem Größerwerden der Anfangszersetzung in der Zeiteinheit wäre zu schließen, daß die Reaktionsgeschwindigkeit mit steigender H_2O_2-Menge zunimmt. Da bis zu einem Zusatz von 2,5 ccm 1% H_2O_2-Lösung = 25 mg H_2O_2 zu einem Kubikmillimeter Blut die erzielte Sauerstoffmenge noch ständig gewachsen war, ergab sich die Frage, wie ist der Reaktionsverlauf bei noch größerem Angebot von H_2O_2.

Ich stellte nun zwei achtfache Versuchsreihen an, zu 1 cmm Blut wurde bis 5,5 ccm 1% H_2O_2-Lösung = 55 mg H_2O_2 zugesetzt. Die Tabellen zu Versuch 3 und 4 zeigen die Anordnung.

Diese beiden Versuche lassen nun erkennen:

I. Daß die Werte der H_2O_2-Zersetzung bei einstündiger Dauer des Versuchs nur bis zu einer gewissen Höhe ansteigen und dann trotz

Versuch I. Temperatur 23°.

	I	II	III	IV	V
Blut:	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm
Verdünnungsflüssigkeit	8,5 ccm aq. dest.	8,0 ccm aq. dest.	7,5 ccm aq. dest.	7,0 ccm aq. dest.	6,5 ccm aq. dest.
H_2O_2 Zusatz:	0,5 ccm 1%	1 ccm 1%	1,5 ccm 1%	2,0 ccm 1%	2,5 ccm 1%

Zeit in Minuten	Wasserstand in d. Bürette B_1	Entw. O_2 in ccm	Wasserstand in d. Bürette B_2	Entw. O_2 in ccm	Wasserstand in d. Bürette B_3	Entw. O_2 in ccm	Wasserstand in d. Bürette B_4	Entw. O_2 in ccm	Wasserstand in d. Bürette B_5	Entw. O_2 in ccm
0	0,5		1,0		1,5		2,0	—	2,5	
5	1,0	0,5	1,7	0,7	2,5	1,0	4,0	2,0	5,2	2,7
10	1,2	0,2	2,2	0,5	3,3	0,8	5,4	1,4	7,0	1,8
15	1,3	0,1	2,9	0,7	4,0	0,7	6,4	1,0	8,1	1,1
20	1,4	0,1	3,4	0,5	4,5	0,5	6,8	0,4	8,6	0,5
25	1,5	0,1	3,6	0,2	4,9	0,4	7,2	0,4	8,8	0,2
30	1,6	0,1	3,8	0,2	5,4	0,5	7,5	0,3	9,0	0,2
35	1,6	—	3,8	—	5,6	0,2	7,6	0,1	9,0	—
40	1,7	0,1	3,9	0,1	5,7	0,1	7,6	—	9,2	0,2
45	1,7	—	3,9	—	5,8	0,1	7,8	0,2	9,2	—
50	1,8	0,1	4,0	0,1	5,9	0,1	7,9	0,1	9,3	0,1
55	1,8	—	4,0	—	5,9	—	8,0	0,1	9,4	0,1
60	1,8	—	4,0	—	6,0	0,1	8,1	0,1	9.4	—
Gesamtmenge O_2	1,3 ccm		3,0 ccm		4,5 ccm		6,1 ccm		6,9 ccm	
Zersetztes H_2O_2 in mg	3,9 mg		9,0 mg		13,6 mg		18,4 mg		20,9 mg	
Resttitration mit $KMnO_4$	0		0		0		1,0 ccm = 2,0 mg		2,3 ccm = 4,6	

Versuch II. Temperatur 22°.

	I	II	III	IV	V
Blut:	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm
Verdünnungsflüssigkeit	8,5 ccm aq. dest.	8,0 ccm aq. dest.	7,5 ccm aq. dest.	7,0 ccm aq. dest.	6,5 ccm aq. dest.
H_2O_2 Zusatz:	0,5 ccm 1%	1 ccm 1%	1,5 ccm 1%	2,0 ccm 1%	2,5 ccm 1%

0	0,5		1,0		1,5		2,0		2,5	
5	0,9	0,4	2,0	1,0	2,7	1,2	4,0	2,0	5,2	2,7
10	1,1	0,2	2,6	0,6	3,5	0,8	5,4	1,4	6,8	1,6
15	1,2	0,1	3,3	0,7	4,5	1,0	6,4	1,0	7,6	0,8
20	1,3	0,1	3,7	0,4	5,0	0,5	6,9	0,5	8,2	0,6
25	1,4	0,1	4,0	0,3	5,5	0,5	7,3	0,4	8,6	0,4
30	1,4	—	4,2	0,2	5,8	0,3	7,6	0,3	8,8	0,2
35	1,4	—	4,4	0,2	6,0	0,2	7,8	0,2	9,1	0,3
40	1,5	0,1	4,4	—	6,2	0,2	7,8	—	9,4	0,3
45	1,4	—	4,6	0,2	6,3	0,1	8,0	0,2	9,4	—
50	1,5	—	4,6	—	6,4	0,1	8,0	—	9,6	0,2
55	1,5	—	4,7	0,1	6,4	—	8,2	0,2	9,6	—
60	1,5	—	4,8	0,1	6,5	0,1	8,4	0,2	9,7	0,1
Gesamtmenge O_2	1,0 ccm		3,8 ccm		5,0 ccm		6,4 ccm		7,2 ccm	
Zersetztes H_2O_2 in mg	3,03 mg		11,5 mg		15,1 mg		19,3 mg		21,8 mg	
Resttitration mit $KMnO_4$	—		—		—		0,6 ccm = 1,2 mg		2,1 ccm = 4,2	

Versuch III. Temperatur 22°.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Blut:	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm
Verdünnungsflüssigkeit	7,0 ccm aq. dest.	6,5 ccm aq. dest.	6,0 ccm aq. dest.	5,5 ccm aq. dest.	5,0 ccm aq. dest.	4,5 ccm aq. dest,	4,0 ccm aq. dest.	3,5 ccm aq. dest.
H_2O_2 Zusatz:	2,0 ccm 1%	2,5 ccm 1%	3,0 ccm 1%	3,5 ccm 1%	4,0 ccm 1%	4,5 ccm 1%	5,0 ccm 1%	5,5 ccm 1%

Zeit in Minuten	Wasserstd. in der Bürette B_1	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_2	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_3	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_4	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_5	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_6	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_7	Entw. O_2 in ccm	Wasserstd. in der Bürette B_8	Entw. O_2 in ccm
0	2,0		2,5		3,0		3,5		4,0		4,5		5,0		5,5	
5	3,6	1,6	4,5	2,0	5,4	2,4	6,1	2,6	6,6	2,6	7,0	2,5	7,4	2,4	7,8	2,3
10	4,9	1,3	6,1	1,6	7,1	1,7	8,0	1,9	8,6	2,0	9,4	2,4	9,1	2,3	10,0	2,4
15	6,0	1,1	7,4	1,3	8,7	1,6	9,8	1,8	10,4	1,8	11,0	1,6	10,8	1,6	11,5	1,5
20	6,7	0,7	8,2	0,8	9,6	0,9	10,6	0,8	11,4	1,0	12,0	1,0	12,0	1,0	12,6	1,1
25	7,2	0,5	8,9	0,7	10,2	0,6	11,2	0,6	11,9	0,5	12,4	0,4	12,4	0,4	13,0	0,4
30	7,7	0,5	9,4	0,5	10,6	0,4	11,6	0,4	12,2	0,3	12,8	0,4	13,0	0,5	13,4	0,4
35	8,0	0,3	9,6	0,2	10,9	0,3	11,8	0,2	12,4	0,2	13,0	0,2	13,2	0,2	13,6	0,2
40	8,1	0,1	9,8	0,2	11,1	0,2	12,0	0,2	12,5	0,1	13,2	0,2	13,5	0,2	13,8	0,2
45	8,2	0,1	10,0	0,2	11,2	0,1	12,0	—	12,6	0,1	12,3	—	13,8	0,2	14,0	0,2
50	8,4	0,2	10,2	0,2	11,4	0,2	12,2	0,2	12,8	0,2	13,4	0,2	14,0	0,2	14,2	0,2
55	8,4	—	10,3	0,1	11,5	0,1	12,2	—	12,8	—	13,4	—	14,1	0,1	14,3	0,1
60	8,5	0,1	10,4	0,1	11,6	0,1	12,3	0,1	12,8	—	13,4	—	14,1	—	14,4	0,1
120	8,6	0,1	10,8	0,4	11,8	0,2	12,3	—	13,0	0,2	13,5	0,1	14,1	—	14,4	—
Gesamtmenge: O_2 in 120′	6,6 ccm		8,3 ccm		8,8 ccm		8,8 ccm		9,0 ccm		9,0 ccm		9,1 ccm		9,1 ccm	
in 30′	5,7 ccm		6,9 ccm		7,6 ccm		8,1 ccm		8,2 ccm		8,3 ccm		8,0 ccm		7,9 ccm	
in 60′	6,5 ccm		7,9 ccm		8,6 ccm		8,8 ccm		8,8 ccm		8,9 ccm		9,1 ccm		8,9 ccm	

Versuch IV. Temperatur 23°.

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
Blut:	1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm	
Verdünnungsflüssigkeit	7,0 ccm aq. dest.		6,5 ccm aq. dest.		6,0 ccm aq. dest.		5,5 ccm aq. dest.		5,0 ccm aq. dest.		4,5 ccm aq. dest.		4,0 ccm aq. dest.		3,5 ccm aq. dest.	
H_2O_2 Zusatz:	2,0 ccm 1%		2,5 ccm 1%		3,0 ccm 1%		3,5 ccm 1%		4,0 ccm 1%		4,5 ccm 1%		5,0 ccm 1%		5,5 ccm 1%	
0	2,0		2,5		3,0		3,5		4,0		4,5		5,0		5,5	
5	4,1	2,1	4,6	2,1	5,3	2,3	6,0	2,5	6,5	2,5	7,0	2,5	7,6	2,6	7,9	2,4
10	5,8	1,7	6,4	1,8	7,2	1,9	8,0	2,0	8,5	2,0	9,0	2,0	9,6	2,0	9,9	2,0
15	6,9	1,1	7,7	1,3	8,5	1,3	9,4	1,4	9,9	1,4	10,4	1,4	11,0	1,4	11,3	1,4
20	7,5	0,6	8,4	0,7	9,1	0,6	10,0	0,6	10,5	0,6	11,0	0,6	11,6	0,6	11,9	0,6
25	7,9	0,4	8,8	0,4	9,4	0,3	10,4	0,4	10,8	0,3	11,4	0,4	11,8	0,2	12,2	0,3
30	8,2	0,3	9,0	0,2	9,6	0,2	10,5	0,1	10,8	—	11,4	—	12,0	0,2	12,4	0,2
35	8,3	0,1	9,2	0,2	9,8	0,2	10,6	0,1	11,0	0,2	11,6	0,2	12,0	—	12,4	—
40	8,4	0,1	9,3	0,1	10,0	0,2	10,7	0,1	11,1	0,1	11,6	—	12,1	0,1	12,5	0,1
45	8,5	0,1	9,4	0,1	10,0	—	10,8	0,1	11,2	0,1	11,6	—	12,2	0,1	12,6	0,1
50	8,5	—	9,5	0,1	10,2	0,2	10,8	—	11,2	—	11,7	0,1	12,2	—	12,6	—
55	8,6	0,1	9,7	0,2	10,2	—	10,9	0,1	11,2	—	11,8	0,1	12,4	0,2	12,6	—
60	8,6	—	9,7	—	10,3	0,1	10,9	—	11,4	0,2	11,8	—	12,4	—	12,8	0,2
Gesamtmenge: O_2 in ccm	6,6 ccm		7,2 ccm		7,3 ccm		7,4 ccm		7,4 ccm		7,3 ccm		7,4 ccm		7,3 ccm	
Zersetztes H_2O_2 in mg	19,9 mg		21,8 mg		22,1 mg		22,4 mg		22,4 mg		22,1 mg		22,4 mg		22,1 mg	
Resttitration mit $KMnO_4$	0,5 ccm = 1 mg		2 ccm = 4 mg		4,4 ccm = 8,8 mg		6,7 ccm = 13,4 mg		9,3 ccm = 18,6 mg		12,0 ccm = 24 mg		14,1 ccm = 28,2 mg		17 ccm = 34 mg	
Summe:	20,9 mg		25,8 mg		30,9 mg		35,8 mg		41 mg		46,1 mg		50,8 mg		56,1 mg	

Zugabe noch größerer Mengen H_2O_2 ungefähr konstant bleiben, also eine bestimmte Blutmenge vermag nur eine annähernd entsprechende gleiche H_2O_2-Menge zu zersetzen.

II. Daß die Werte für die Anfangszersetzung innerhalb der ersten 5 Minuten auch nur bis zu einer bestimmten Grenze zunehmen, und dann konstant bleiben.

III. Daß bei reichlichem Zusatz einer 1% H_2O_2-Lösung zu 1 cmm Blut nach einer Stunde keine merkliche Zersetzung mehr stattfindet, die Reaktion demnach als beendet anzusehen ist.

IV. Daß einem Kubikmillimeter Blut bei einer Versuchstemperatur von 18—23 ° Cels. mindestens 40 mg H_2O_2 zugesetzt werden müssen, um in jedem Falle eine volle Auswirkung der Katalase zu erzielen.

Bemerkenswert ist fernerhin die auffallende Gleichheit des Reaktionsverlaufs vom 4. Parallelversuch ab.

Betrachten wir die O_2-Entwicklung in Versuch 4 für je 5 Minuten gesondert:

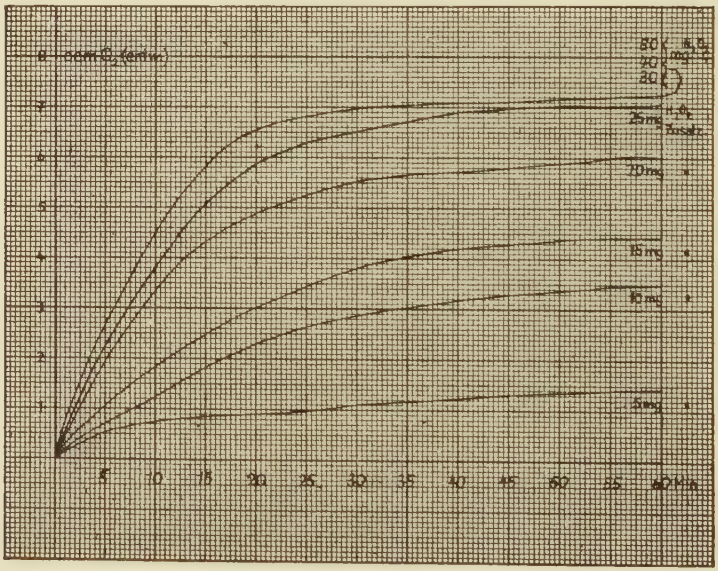
	35 mg	40 mg	45 mg	50 mg	55 mg H_2O_2-Zusatz
Parallelversuch:	4.	5.	6.	7.	8.
1. 5 Minuten	2,5	2,5	2,5	2,6	2,4
2. „ „	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
3. „ „	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
4. „ „	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
5. „ „	0,4	0,3	0,4	0,2	0,3
6. „ „	0,1	—	—	0,2	0,2
7. „ „	0,1	0,2	0,2	—	—
8. „ „	0,1	0,1	—	0,1	0,1
9. „ „	0,1	0,1	—	0,1	0,1
10. „ „	—	—	0,1	—	—
11. „ „	0,1	—	0,1	0,2	—
12. „ „	—	0,2	—	—	0,2

Diese Zusammenstellung läßt erkennen, daß von 5 zu 5 Minuten bei allen Versuchen ungefähr die gleiche Sauerstoffmenge in Freiheit gesetzt wird und daß die Katalaseenergie gleichmäßig abzunehmen scheint, trotz der verschiedenen Menge von H_2O_2, auf welche die Katalase einwirkt. Betrachten wir noch einmal Versuch 1 und 2, so finden wir bei einem H_2O_2-Zusatz bis zu 15 mg H_2O_2 zu 1 cmm Blut eine Totalzersetzung des H_2O_2, jedenfalls war nach einer Stunde Versuchsdauer bei der Resttitration kein unzersetztes H_2O_2 mehr nachzuweisen. Die Sauerstoffentwicklung hörte auf, nicht weil die Katalase erschöpft war, sondern weil kein H_2O_2, also kein O-Lieferant mehr da war. Bei 20 mg H_2O_2-Zusatz finden wir jedoch nach einer Stunde noch einen Rest unzersetztes H_2O_2, obwohl doch noch wirksame Katalase vorhanden sein muß, wie die Versuche bei Zusatz größerer H_2O_2-Mengen zeigen. Zur Klärung dieser Tatsache ließe sich folgendes anführen:

Bietet man einer Katalasemenge ungefähr gerade soviel H_2O_2 an, wie sie zersetzen kann, so verringert sich mit fortschreitender Zer-

setzung sowohl die H_2O_2 wie die Katalaseenergie. Mit der Verminde rung der H_2O_2-Menge im Aktionsvolumen, verringert sich auch ihr Konzentration. Nach einer gewissen Zeit wirkt die schon stark ge schwächte Katalaseenergie nur noch auf wenig H_2O_2 in ganz geringe Konzentration ein. Die Folge ist eine immer zunehmende Verlang samung der Reaktionsgeschwindigkeit. Die Richtigkeit dieser Auffas sung ließ sich daran erkennen, daß bei längerer Einwirkungsdaue als eine Stunde schließlich doch auch 20 mg H_2O_2 restlos zersetz wurden. Um eine bessere Übersicht über die Dynamik der Katalase wirkung bei steigendem H_2O_2-Angebot zu erhalten, wurde der Reak tionsverlauf in Kurvenform aufgezeichnet. Die horizontale Koordinat gibt die Zeit an, die vertikale die in dieser Zeit freigewordenen ccm O Konstant blieb die Blutmenge (Katalase) und das Aktionsvolumen Geändert wurde der H_2O_2-Zusatz und damit die mg H_2O_2.

Kurve 1.



Die Kurven lassen erkennen, daß tatsächlich die Reaktionsge schwindigkeit mit steigendem H_2O_2-Zusatz bis zu einer gewissen Höh zuzunehmen scheint. Würde die Katalase in 1 cmm Blut genau die selbe Reaktionsgeschwindigkeit bei Zusatz von 5 mg H_2O_2 wie be 40 mg H_2O_2 entfalten, so müßten nach 5 Minuten Einwirkungsdaue bei Zusatz von nur 5 mg H_2O_2 diese restlos zersetzt sein. Man sieht aber, daß sich die Reaktion längere Zeit hinzieht, bis etwa nach 4 Minuten die 5 mg H_2O_2 total zersetzt sind.

Nicht zu verkennen, ist eine gewisse Ähnlichkeit im Verlauf de einzelnen Kurven. Man könnte glauben, die Katalase antwortet au den stärkeren Reiz, den eine größere H_2O_2-Menge ausübt, bis zu ein gewissen Grenze mit einer in demselben Verhältnis wachsenden Ver größerung ihrer Reaktionsgeschwindigkeit. Dieses eigenartige Verha

en der Katalase zu erklären, reichen die bisherigen Versuche nicht us, es genügt zunächst die Feststellung desselben. Dieses Verhalten widerspricht auch nicht den Versuchsergebnissen von Pleßner, denn ieser arbeitete mit sehr hohen H_2O_2-Konzentrationen, und fand selbst chon für die niedrigen Konzentrationen z. B. 0,25% ein abweichendes erhalten.

Versuch V. Temperatur 24°.

Blut	1 cmm		1 cmm		1 cmm	
Verdünnungsflüssigkeit	8,5 ccm aq. dest.		8,0 ccm aq. dest.		7,5 ccm aq. dest.	
H_2O_2-Zusatz	0,5 ccm 1%		1 ccm 1%		1,5 ccm 1%	
eit	Verbrauchte $KMnO_4$-Lös. in ccm	Zersetztes H_2O_2 in mg	Verbrauchte $KMnO_4$-Lös. in ccm	Zersetztes H_2O_2 in mg	Verbrauchte $KMnO_4$-Lös. in ccm	Zersetztes H_2O_2 in mg
ach 60 Minut.	—	5,0 mg	—	10 mg	—	15 mg

Blut	1 cmm		1 cmm	
Verdünnungsflüssigkeit	7,0 ccm aq. dest.		5,0 ccm aq. dest.	
H_2O_2-Zusatz	2,0 ccm 1%		4,0 ccm 1%	
Zeit	Verbrauchte $KMnO_4$-Lös. in ccm	Zersetztes H_2O_2 in mg	Verbrauchte $KMnO_4$-Lös. in ccm	Zersetztes H_2O_2 in mg
nach 60 Minut.	0,2	19,6 mg	8,0	24,0 mg

Der Versuch 5 und 6 zeigen die gleiche Anordnung wie die vorerigen Versuche. Sie sind jedoch rein titrimetrische Versuche und eben deshalb nur die Werte nach 30 bzw. 60 Min. an. Die Resultate ieser Versuche geben genau dasselbe Bild wie die rein volumetrischen ersuche, nur daß man bei ihnen nicht den ganzen Verlauf der Reakon von 5 zu 5 Minuten beobachten kann. In der Tabelle zu Verich 6 wurden die näheren Beziehungen für die horizontale Spalte 4 er Tabelle zu Versuch 5 der Einfachheit halber weggelassen.

Versuch VI.

lut	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm
erdünnungsflüssigkeit	7,0 ccm aq. dest.	6,5 ccm aq. dest.	6,0 ccm aq. dest.	5,5 ccm aq. dest.
H_2O_2-Zusatz	2,0 ccm 1% = 20 mg	2,5 ccm 1% = 25 mg	3,0 ccm 1% = 30 mg	3,5 ccm 1% = 35 mg
ach 60 Minuten	0,4 19,2	2,0 21,0	3,5 23,0	5,7 23,6
ach 30 Minuten	0,75 18,5	3,0 19,0	4,7 20,6	6,9 21,2

ut	1 cmm	1 cmm	1 cmm	1 cmm
erdünnungsflüssigkeit	5,0 ccm aq. dest.	4,5 ccm aq. dest.	4,0 ccm aq. dest.	3,5 ccm aq. dest.
H_2O_2-Zusatz	4,0 ccm 1% = 40 mg	4,5 ccm 1% = 45 mg	5,0 ccm 1% = 50 mg	5,5 ccm 1% = 55 mg
ach 60 Minuten	8,1 23,8	10,5 24,0	13,1 23,8	15,6 23,8
ach 30 Minuten	9,4 21,2	11,8 21,4	14,6 20,8	16,9 21,2

Da wir aus dem Verlauf der Untersuchungen schließen mußten, aß die bei einem H_2O_2-Zusatz von mindestens 40 mg zu 1 cmm Blut

gefundenen Werte die vollständige Katalaseenergie dieses Blutquantums angaben, so galten unsere nächsten Untersuchungen der Frage: Macht die doppelte Menge ein und desselben Blutes auch die doppelte Menge Sauerstoff aus H_2O_2 frei?

Bei Jost fanden wir diese Frage verneint. Sehen wir uns jetzt seine Versuchsanordnung unter Berücksichtigung der zugesetzten H_2O_2-Menge noch einmal an.

Bei ihm wirken

	a	b	c
	2,5 cmm Blut	5 cmm Blut	7,5 cmm Blut
auf 5 ccm 2% lös.	= 100 mg H_2O_2	= 100 mg H_2O_2	= 100 mg H_2O_2 ein
und erzielt	17,8 ccm O_2	35,7 ccm O_2	43,0 ccm O_2.

Rechnen wir die erzielten Sauerstoffmengen in mg H_2O_2 um, so erhalten wir die Menge des zersetzten H_2O_2 in mg:

a	b	c
53,43 mg H_2O_2	108,17 mg H_2O_2	130,29 mg H_2O_2

Josts 2% H_2O_2-Lösung war hiernach von stärkerer Konzentration, oder er hat mehr als 5 ccm 2% H_2O_2-Lösung zugesetzt, denn eine genau 2% H_2O_2-Lösung enthält pro ccm 20 mg H_2O_2 5 ccm 2% H_2O_2 demnach 100 mg H_2O_2. Bei seinem Versuche „c" finden wir aber eine zersetzte H_2O_2-Menge von 130,29 mg H_2O_2.

Aber wichtiger für uns ist folgendes: 2,5 cmm Blut haben bei ihm 53,43 mg H_2O_2 in einer Stunde zersetzt. 7,5 cmm Blut, also die dreifache Blutmenge, könnten demnach in einer Stunde $3 \times 53{,}43$ mg H_2O_2 = 160,26 mg H_2O_2 zersetzen. Dieser Blutmenge stand also viel zu wenig H_2O_2 zur Verfügung, um sich vollständig auswirken zu können, obwohl im Reaktionsgemisch schon mehr H_2O_2 vorhanden war, als man auf Grund der zugesetzten 5 ccm 2% H_2O_2-Lösung annehmen konnte. Die doppelte Blutmenge hat, wie Versuch „b" bei Jost zeigt, in 1 Stunde die doppelte Menge H_2O_2 zersetzt, da ihr gerade genügend H_2O_2 zur Verfügung stand. Bei der dreifachen Menge wird nicht die dreifache H_2O_2-Zersetzung erzielt werden, auch wenn (nach der Meinung von Koeppe) genügend lange Zeit zur Verfügung stand, weil eben nicht genug H_2O_2 vorhanden ist.

Es gilt nun zu untersuchen, wie das Ergebnis ausfiel, wenn einer vielfachen Blutmenge genügend H_2O_2 zugesetzt wurde.

Versuch 7 gibt hierüber keine genügende Aufklärung, oder viel mehr das Ergebnis ist schwer zu prüfen. Wir finden bei (1 Stunde Einwirkungszeit) 0,4 cmm Blut gibt 2,1 ccm O_2, wirkt also doppelt so stark wie 0,2 cmm Blut (1,0 ccm O_2), die dreifache Blutmenge (0,6 cmm) wirkt erheblich stärker. Statt 3,0 ccm werden 4,0 ccm O_2 frei, die vierfache (0,8 cmm Blut) liefert statt 4,0 ccm 5,4 ccm O_2, die fünffache 1 cmm Blut, liefert statt 5,0 ccm, 7,2 ccm O_2. Wir sehen, daß 1 cmm Blut, wie bei manchen unserer früheren Versuche 7,2 ccm O_2 in einer Stunde liefert. Gehen wir jetzt von diesem Wert aus, so müßten 0,2 cmm Blut den fünften Teil von 7,2 = 1,4 ccm O_2 liefern, es liefern aber nur 1,0 ccm O_2. Es ist das vielleicht so zu deuten, daß minimale

ıtmengen in einem großen Aktionsvolumen, in ihrer zersetzenden aft gehemmt werden, oder mit anderen Worten, die absolute Blut-nge ist bei 0,2 cmm Blut der fünfte Teil von 1 cmm Blut, aber die ıtkonzentration ist im ersten Falle 2 : 100, im zweiten 10 : 100. Es eint also, daß wie die Konzentration der H_2O_2-Lösung neben absoluten Menge von Einfluß ist, so auch bei dem katalasehaltigen ıt, nicht nur die absolute Menge des Blutes allein den Ausschlag t, sondern auch die Konzentration eine Rolle spielt. Beides, abso-e Menge und die Konzentration gleichzuhalten, ist nur möglich verschiedenen Aktionsvolumen, d. h. wenn wir wie folgt verfahren:

Versuch VII.

tlösung 1:5000

tlösung	1 ccm = 0,2 cmm Blut		2 ccm = 0,4 cmm Blut		3 ccm = 0,6 cmm Blut		4 ccm = 0,8 cmm Blut		5 ccm = 1,0 cmm Blut	
dünnungs-flüssigkeit	7 ccm aq. dest.		6 ccm aq. dest.		5 ccm aq. dest.		4 ccm aq. dest.		3 ccm aq. dest.	
O_2-Lösung	2 ccm 2% 40 mg H_2O_2		2 ccm 2% 40 mg H_2O_2		2 ccm 2% 40 mg H_2O_2		2 ccm 2% 40 mg H_2O_2		2 ccm 2% 40 mg H_2O_2	
: 0 Min.	2,2		2,2		2,2		2,2		2,2	
10	2,4	0,2	2,6	0,4	3,4	1,4	4,3	2,1	5,8	3,6
20	2,6	0,2	3,3	0,7	4,5	1,1	5,6	1,3	7,4	1,6
30	2,8	0,2	3,8	0,5	5,3	0,8	6,6	1,0	8,4	1,0
40	3,0	0,2	4,0	0,2	5,7	0,4	7,1	0,5	9,0	0,6
50	3,1	0,1	4,2	0,2	6,0	0,3	7,4	0,3	9,2	0,2
60	3,2	0,1	4,3	0,1	6,2	0,2	7,6	0,2	9,4	0,2
amtmenge in 60 Min.		1,0		2,1		4,0		5,4		7,2
Minuten	3,3	0,1	4,4	0,1	6,4	0,2	7,8	0,2	9,5	0,1
chSchütteln	3,6	0,2	5,0	0,6	6,7	0,3	8,4	0,6	10,0	0,5
		1,3		2,8		4,5		6,2		7,8

Zu 1 ccm Blutlösung (1 : 1000) in 6 ccm aq. dest. werden 3 ccm H_2O_2-Lösung = 30 mg zugesetzt.

Zu 2 ccm Blutlösung (1 : 1000) in 12 ccm aq. dest. werden 6 ccm H_2O_2-Lösung = 60 mg zugesetzt.

Zu 3 ccm Blutlösung (1 : 1000) in 18 ccm aq. dest. werden 9 ccm H_2O_2-Lösung = 90 mg zugesetzt.

Dann gilt bei

1 cmm Blut wirkt in 10 ccm Aktionsvol. auf 30 mg H_2O_2 ein.
2 cmm Blut wirken in 20 ccm Aktionsvol. auf 60 mg H_2O_2 ein.
3 cmm Blut wirken in 30 ccm Aktionsvol. auf 90 mg H_2O_2 ein.

Die Blut- und H_2O_2-Konzentrationsverhältnisse in den Reaktionsnischen sind demnach folgende:

In A. Blutkonzentration 1 : 10 H_2O_2 30 : 10 = 3 : 1
In B. Blutkonzentration 1 : 10 H_2O_2 60 : 20 = 3 : 1
In C. Blutkonzentration 1 : 10 H_2O_2 90 : 30 = 3 : 1.

Die Konzentration der Ferment (Blut-) lösung sowohl wie die Konzentration der Substratlösung (H_2O_2) war in jedem Falle also die che.

Versuch VIII.

	A	B	C
Blutlösung	1 ccm	2 ccm	3 ccm
Verdünnungsflüssigkeit	6 ccm aq. dest.	12 ccm aq. dest.	18 ccm aq. dest
H_2O_2-Lösung	3 ccm 1%	6 ccm 1%	9 ccm 1%
Nach 10 Minuten	4,2 ccm O_2	6,4	7,9
20	6,4	10,7	13,6
30	7,4	13,1	17,4
40	8,0	15,2	20,8
50	8,7	17,5	26,0
60	9,0	18,0	26,8
Gesamtmenge O_2	9,0 ccm	18,0 ccm	26,8 ccm
Zersetztes H_2O_2 in mg	27,2 mg	54,5 mg	81,2 mg
Resttitration mit $KMnO_4$	1,8 ccm = 3,6 mg H_2O_2	3,4 ccm = 6,8 mg H_2O_2	6,1 ccm = 12,2 mg H_2O

Der Versuch zeigt, daß in 60 Minuten die doppelte bzw. dreifach Menge Blut die doppelte bzw. dreifache Menge Sauerstoff freigemach hat. Die Werte der Anfangszersetzung freilich zeigen dieses Verhält nis jedoch nicht. Worauf diese Verzögerung der Anfangszersetzun zurückzuführen ist, kann ich nicht erklären. Es sollte nur geprüf werden, wie sich die Werte der Gesamtzersetzung zueinander verhal ten. Bei Versuch 9 wurde die vier- und fünffache Blutmenge ver wandt.

Versuch IX.

Blutlösung	1 ccm	4 ccm	5 ccm
Verdünnungsflüssigkeit	6 ccm aq. dest.	24 ccm aq. dest.	30 ccm aq. dest.
H_2O_2-Lösung	3 ccm 1%	12 ccm 1%	15 ccm 1%
Nach 10 Minuten	3,7	13,5	15,5
20	6,2	22,4	25,9
30	7,6	26,8	31,3
40	8,4	29,6	34,6
50	8,8	32,9	38,5
60	9,0	34,8	40,8
80	9,1	35,7	43,7
Nach Schütteln	9,1	36,9	44,5
Gesamtmenge O_2 in ccm	9,1 ccm	36,9 ccm	44,5 ccm
Zersetztes H_2O_2 in mg	27,5 mg	111,8 mg	134,8 mg

Auch dieser Versuch läßt erkennen, daß bei 1 cmm Blut in 60 Mi nuten genau dieselbe Menge Sauerstoff frei wurde wie bei Versuch 8 bei der 4- und 5fachen Blutmenge jedoch war in 60 Minuten noc nicht die 4- bzw. 5fache Menge Sauerstoff erzielt. Erst nach 80 Mi nuten und Schütteln wurde kein Sauerstoff mehr in Freiheit gesetz und die Reaktion konnte als beendigt angesehen werden. Vergleich man nun die Werte, so hat die 4- bzw. 5fache Menge Blut auch di entsprechende Menge Sauerstoff in Freiheit gesetzt.

Hieraus ist zu schließen, daß bei größeren Blutmengen die Ver suchsdauer, also die Einwirkungszeit, verlängert werden muß, da ma sonst zu kleine Werte erzielt. Dieser Fehler wirkt sich dann natürlic

ch bei der Umbrechung auf kleinere oder größere Blutmengen aus. ählt man also eine Versuchsdauer von 1 Stunde, so ist es zweckäßig, keine größere Blutmenge als höchstens 3 cmm zu benutzen. rsuch 10, ein Titrationsversuch, zeigt noch einmal dieselben Verltnisse. Die Versuchsdauer betrug 2 Stunden.

Der Versuch in der Spalte „6" nach der volumetrischen Methode nte als Kontrolle.

Versuch X.

	1	2	3	4	5	6
tlösung	1 ccm	2 ccm	3 ccm	4 ccm	5 ccm	1 ccm
dünnungs- flüssigkeit	6 ccm aq. dest.	12 ccm aq. dest.	18 ccm aq. dest.	24 ccm aq. dest.	30 ccm aq. dest.	6 ccm aq. dest.
O_2-Lösung	3 ccm 1% = 30 mg	60 mg	90 mg	120 mg	150 mg	3 ccm 1%
rationswerte von $KMnO_4$- ung nach 120'	2,3 ccm	4,9 ccm	7,7 ccm	11,0 ccm	13,6 ccm	8,6 ccm O_2 Resttitrat
rationswert n mg H_2O_2	4,6 mg	9,8 mg	15,4 mg	22,0 mg	27,2 mg	2,2 ccm $KMnO_4$ = 4,4 mg H_2O_2
setztes H_2O_2 in mg	25,4 mg	50,2 mg	74,6 mg	98,0 mg	122,8 mg	26,0 mg

Auf Grund der Resultate der Versuche können wir jetzt sagen: e doppelte Menge Blut zersetzt die doppelte Menge H_2O_2 in genau gleichen Zeit. Bei einem größeren Vielfachen der Blutmenge muß Versuchsdauer verlängert werden, um auch hier das entsprechende lfache für das zersetzte H_2O_2 zu erhalten. Vorausgesetzt natürlich, ß dem jeweiligen Blutquantum eine genügende Menge H_2O_2 zur fügung steht.

Gleichzeitig bekräftigen die Untersuchungen die Annahme, daß e bestimmte Blutmenge eine bestimmte erschöpfbare Menge Katae enthält.

Die Erläuterungen zu den Ergebnissen früherer Untersucher und ine Versuche lassen erkennen, in wie großem Maße die Katalasekung von den verschiedensten Faktoren beeinflußt wird. Andererss ist unverkennbar, daß die Möglichkeit besteht bei Einhaltung benmter Bedingungen, die Katalasewirkung so zu messen, daß in eng renzten Fehlergrenzen sich haltende, einwandfreie und vergleiche Resultate erzielt werden.

Unter Berücksichtigung aller unserer Erfahrungen, scheint uns gende Versuchsanordnung (Methodik) für die Blut-Katalasemessung besten geeignet.

Zu 1 ccm Blut (1 ccm Blutlös. 1 : 1000) werden mindestens 40 mg O_2 entweder in Gestalt einer 1%, 2%, 3% H_2O_2-Lösung zugesetzt. Verdünnungsflüssigkeit wird jeweils soviel aq. dest. (steril) zugt, daß das Aktionsvolumen immer 10 ccm beträgt.

. a) 1 ccm Blutlös. + 5 ccm aq. dest. + 4,0 ccm 1% H_2O_2-Lös.,
b) 1 ccm Blutlös. + 3 ccm aq. dest. + 6,0 ccm 1% H_2O_2-Lös.,
c) 1 ccm Blutlös. + 7 ccm aq. dest. + 2,0 ccm 3% H_2O_2-Lös.

Als Versuchtemperatur ist eine Temperatur zwischen 17 und 2 Celsius zu wählen. Als Einwirkungszeit muß eine Stunde gelten. ist vorteilhaft, die H_2O_2-Lösungen öfter zu erneuern und in dunkl Flaschen aufzubewahren. Dies gilt besonders bei Verwendung 1% Lösungen. Die 2- und 3%-Lösungen sind nicht so empfindlich. Hä man diese Bedingungen ein, so wird man auch bei Umrechnungen d erzielten Werte auf eine größere Blutmenge annähernd richtige E gebnisse erzielen.

Tabelle V enthält die Katalasewerte von 30 Untersuchungen a verschiedenen Tagen mit meinem eignen Blut. Als Methodik wurde d Anordnung gewählt, wie sie oben bei „a" angegeben ist. Die Wer wurden nach einer halben und nach einer Stunde notiert.

Bei halbstündiger Einwirkungszeit erhielt ich Werte, die zwisch 17,8 mg und 24,24 mg schwankten.

Tabelle V.

Versuchs-anzahl	ccm O_2 Entwickelter O_2 in 30 Min.	mg H_2O_2 Zersetztes H_2O_2 in mg in 30 Min.	ccm O_2 Entwickelter O_2 in 60 Min.	mg H_2O_2 Zersetztes H_2O_2 in mg in 60 Mi
1	6,3	10,080	7,4	22,42
2	6,6	19,90	7,6	23,02
3	5,9	17,80	7,1	21,51
4	6,7	20,30	7,8	23,63
5	6,3	19,08	7,5	22,72
6	7,0	21,20	8,2	24,84
7	6,1	18,40	7,4	22,42
8	6,0	18,18	7,1	21,51
9	6,8	20,60	8,0	24,24
10	6,6	19,80	7,5	22,72
11	6,9	20,90	8,2	24,84
12	6,7	20,30	7,0	22,93
13	7,0	21,20	9,0	27,27
14	6,4	19,39	7,2	21,21
15	7,4	22,42	8,4	25,45
16	7,9	22,93	9,8	29,69
17	6,5	19,69	7,5	22,72
18	7,0	21,20	8,1	24,54
19	6,1	18,40	7,4	22,42
20	8,0	24,24	9,7	29,39
21	7,2	21,81	8,4	25,45
22	6,8	20,60	7,7	23,33
23	6,4	19,39	7,5	22,72
24	7,4	22,42	10,0	30,30
25	6,8	20,6	7,8	23,63
26	6,2	18,78	7,2	21,81
27	7,4	22,42	8,5	25,75
28	7,0	21,20	8,0	24,24
29	6,9	20,90	7,7	23,33
30	6,5	19,69	7,6	23,02

Bei einstündiger Einwirkung Werte zwischen 21,51 mg und 36 mg H_2O_2.

Der Mittelwert für eine halbe Stunde beträgt 20,43 mg H_2O_2.

Der Mittelwert für eine Stunde beträgt 25,45 mg H_2O_2.

Da wir uns auf eine einstündige Versuchsdauer festlegen wollen, dann, wie wir aus früheren Untersuchungen sehen, in den meisten llen die Reaktion annähernd zum Stillstand gekommen ist, so kön- n wir sagen:

1 cmm Menschenblut zersetzt im Mittel 25,0 mg H_2O_2.

Es lag nun nahe, unsere Methodik der Katalasemessung mit der n Bach und Zubkowa näher zu vergleichen, ganz besonders deshalb, il Bischoff und einige russische Autoren auch nach der letzteren rbeitet haben.

Die nun folgenden Versuche 11, 12, 13, 14 haben dieselbe Anord- ng, wie wir sie bei den Untersuchungen von Bach und Zubkowa rfinden, nur mit dem Unterschied, daß nicht die Titrations-, sondern mer die volumetrische Methode angewandt wurde. Meine früheren rsuche zeigen, daß beide Meßmethoden in bezug auf die Endresul- e vollständig gleichwertig sind, und daß deshalb bei etwa auftre- den Unterschieden, nicht der Benutzung einer anderen Meßmethode Schuld zuzuschreiben ist.

Die Versuche unter „a" erhielten dieselbe H_2O_2-Menge zugesetzt, e sie Bach und Zubkowa anwenden, also 2 ccm 1% H_2O_2-Losung 20 mg H_2O_2, den Versuchen unter „b" wurde 2 ccm 3% H_2O_2-Lö- ng = 60 mg H_2O_2 zugesetzt. Bei den Versuchen „a" und „b". der lonne „I" war die Versuchstemperatur 17 ° Cels., bei den Versuchen ' und „b" der Kolonne „II" wurde die Blutlösung, ehe H_2O_2 zu- etzt wurde, eine Stunde lang auf 37 ° erhitzt und dann auf 17 ° gekühlt. Rechnen wir die freigewordenen Sauerstoffmengen in mg O_2 um, so erhalten wir bei I die Katalasezahlen, und zwar unter ' für 20 mg H_2O_2-Zusatz, unter „b" für 60 mg H_2O_2-Zusatz, bei II Werte, die von den jeweiligen Katalasezahlen subtrahiert, die oteasezahlen ergeben. Durch die Wahl der volumetrischen Methode r es möglich, sowohl die Werte für eine halbe, wie für eine ganze nde bei ein und demselben Versuch zu notieren. Die Umrechnungen Versuch 11 und 12 ergeben als Katalase und Proteasewerte bei em Zusatz von H_2O_2 von

Tabelle VI.

	20 mg H_2O_2		und	60 mg H_2O_2	
	KZ	PZ		KZ	PZ
nach 30 Min.:	16,05 mg	6,45 mg H_2O_2		18,78 mg	7,27 mg H_2O_2
rsuch 11					
nach 60 Min.:	20,3 mg	6,97 mg H_2O_2		23,02 mg	7,85 mg H_2O_2
nach 30 Min.:	15,15 mg	7,28 mg H_2O_2		18,78 mg	9,48 mg H_2O_2
rsuch 12					

Die Zusammenstellung der Katalasezahlen und Proteasezahl aus den Versuchen 11 und 12 in Tabelle VI läßt erkennen, daß s wohl bei halbstündiger wie bei einstündiger Wirkungszeit die Wer bei 60 mg H_2O_2-Zusatz größer sind als bei 20 mg Zusatz. Die Ur rechnungen zu Versuch 13 und 14 liefern ähnliche Ergebnisse u werden deshalb nicht besonders erwähnt.

Versuch XI.

	I				II			
Temperatur	Zimmertemperatur: 17° Celsius				Eine Stunde im Wasserbad bei 3 Celsius erhitzt, dann auf 17° Ce abgekühlt und mit H_2O_2 verse			
	a		b		a		b	
Blutlösung	1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm	
Verdünnungs-flüssigkeit	7 ccm aq. dest.		7 ccm aq. dest.		7 ccm aq. dest.		7 ccm aq. dest.	
H_2O_2-Lösung	2 ccm 1%		2 ccm 3%		2 ccm 1%		2 ccm 3%	
0 Minuten	1,0		1,0		2,0		2,0	
30 Minuten	6,3	5,3	7,2	6,2	5,2	3,2	5,8	3,8
60 Minuten	7,7	1,4	8,6	1,4	6,4	1,2	7,0	1,2
Entwickelt. O_2		6,7		7,6		4,4		5,0
Resttitration	0,4 ccm = 0,8 mg $KMnO_4$ H_2O_2				3,0 ccm = 6,0 mg $KMnO_4$ H_2O_2			

Versuch XII.

	a		b		a		b	
0 Minuten	1,0		1,0		2,1		2,1	
30 Minuten	6,0	6,0	7,2	6,2	4,7	2,6	6,2	3,1
60 Minuten	7,5	1,5	8,4	1,2	5,6	0,9	6,0	0,8
Entw. O_2		6,5		7,4		3,5		3,9
Resttitration	0,5 ccm = 1,0 mg $KMnO_4$ H_2O_2				5,0 ccm = 10 mg $KMnO_4$ H_2O_2			

Versuch XIII.

	a		b		a		b	
0 Minuten	1,0		1,0		2,0		2,0	
30 Minuten	7,0	6,0	7,6	6,6	5,5	3,5	5,5	3,5
60 Minuten	7,3	0,3	8,9	1,3	5,9	0,4	5,9	0,4
Entw. O_2		6,3		7,9		3,9		3,9
Resttitration					4,5 ccm = 9,0 mg $KMnO_4$ H_2O_2			

Versuch XIV.

	a		b		a		b	
0 Minuten	1,0	0,0	1,0		2,0		2,0	
30 Minuten	6,4	5,4	7,2	6,2	5,4	3,4	5,2	3,2
60 Minuten	7,1	0,7	8,2	1,0	5,8	0,4	5,7	0,5
Entw. O_2		6,1		7,2		3,8		3,7
Resttitration					4,2 ccm $KMnO_4$			

Umrechnung zu Versuch 11.

„a".

I		II
Min.: 5,3 × 3,03 = 16,05 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		3,2 × 3,03 = 9,60
Min.: 6,7 × 3,03 = 20,3 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		4,4 × 3,03 = 13,33
	nach 30 Min.: 16,05— 9,60	= 6,45 mg H_2O_2
	demnach Proteasezahl:	
	nach 60 Min.: 20,3—13,33	= 6,97 mg H_2O_2

„b".

Min.: 6,2 × 3,03 = 18,78 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		3,8 × 3,03 = 11,51
Min.: 7,6 × 3,03 = 23,02 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		5,0 × 3,03 = 15,15
	nach 30 Min.: 18,78—11,51	= 7,27 mg H_2O_2
	demnach Proteasezahl:	
	nach 60 Min.: 23,02—15,15	= 7,85 mg H_2O_2

Umrechnung zu Versuch 12.

„a".

I		II
Min.: 5,0 × 3,03 = 15,15 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		2,6 × 3,03 = 7,87
Min.: 6,5 × 3,03 = 19,69 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		3,5 × 3,03 = 10,60
	nach 30 Min.: 15,15— 7,87	= 7,28 mg H_2O_2
	demnach Proteasezahl:	
	nach 60 Min.: 19,69—10,60	= 9,09 mg H_2O_2

„b".

Min.: 6,2 × 3,03 = 18,78 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		3,1 × 3,03 = 9,3
Min.: 7,4 × 3,03 = 22,42 mg H_2O_2 (Katalasezahl)		3,9 × 3,03 = 11,81
	nach 30 Min.: 18,78— 9,3	= 9,48 mg H_2O_2
	demnach Proteasezahl:	
	nach 60 Min.: 22,42—11,81	= 10,61 mg H_2O_2

Interessant ist noch folgende Untersuchung, die ich im Juni 1930 ellte.

Am 3., 5., 7., 9. 11., 13. und 14. Juni stellte ich nachmittags im- um dieselbe Zeit je einen zweifachen Versuch an, und zwar wurde cmm Blut, das an den angegebenen Tagen immer frisch entnom- wurde, 20 bzw. 40 mg H_2O_2 (1% Lös.) zugegeben. Die Werte für freigewordenen Sauerstoff wurden bei den Versuchen mit 20 mg $_2$-Zusatz sowohl nach 30, wie nach 60 Min. abgelesen. Bei den uchen mit 40 mg H_2O_2-Zusatz wurden nur die in einer Stunde lten Werte notiert.

Ich erhielt folgende Ergebnisse:

Bei 20 mg H_2O_2-Zusatz.

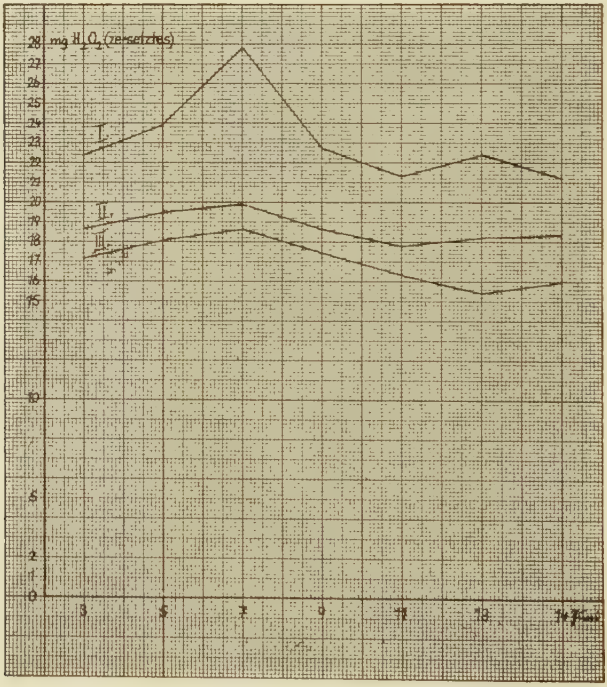
Am	3.	5.	7.	9.	11.	13.	14.	Juni
enge in 30 Min.:	5,7	6,0	6,2	5,8	5,4	5,1	5,2	ccm O_2
etztes H_2O_2) Min.:	17,27	18,18	18,78	17,57	16,36	15,45	16,05	mg H_2O_2
enge in 60 Min.:	6,2	6,5	6,6	6,2	5,9	6,0	6,1	ccm O_2
etztes H_2O_2) Min.:	18,78	19,69	19,99	18,78	17,87	18,18	18,48	mg H_2O_2

Bei 40 mg H_2O_2-Zusatz.

Am	3.	5.	7.	9.	11.	13.	14. Juni
O_2-Menge nach 60 Min.:	7,4	7,9	9,2	7,5	7,1	7,4	7,0 ccm O
Zersetztes H_2O_2 in 60 Min.:	22,4	23,93	27,87	22,7	21,5	22,4	21,21 mg H_2

Es sei noch einmal hervorgehoben, daß zu den am gleiche Tage und zur selben Zeit angestellten Versuchen dasselbe Blut (als Blut derselben Blutentnahme) verwandt wurde. Das Blut wirkte den nach auf 20 mg H_2O_2, und auf 40 mg H_2O_2 am bestimmten Tage m bestimmter Qualität ein. Zeichnen wir die oben erhaltenen Werte Gestalt von Kurven auf, so ergibt sich folgendes Bild:

Kurve II.



Die horizontale Koordinate gibt den Tag des Versuchs an, d vertikale die an diesen Tagen freigewordenen Sauerstoffmengen.

Kurve I ist zusammengestellt aus den bei 40 mg H_2O_2-Zusatz u einstündiger Einwirkungsdauer erzielten Werten.

Kurve II aus den bei 20 mg H_2O_2-Zusatz und einstündige Einwirkungsdauer erzielten Werten.

Kurve III aus den bei 20 mg H_2O_2-Zusatz und halbstündig Einwirkungsdauer erzielten Werten.

Diese letzte Kurve gibt also die Werte an, wie sie nach der M thode von Bach und Zubkowa erzielt worden sind.

Die Kurven zeigen in eindeutiger Weise, daß es nicht möglich bei 20 mg H_2O_2-Zusatz die jeweilige Qualität, Kraft und Wirkungsder Katalase zu erfassen, weder bei halbstündiger, noch bei einndiger Einwirkungsdauer. Die stark gesteigerte Katalasewirkung 7. Juni zum Beispiel kommt nur andeutungsweise zur Geltung. orauf diese stark gesteigerte Wirkung der Katalase meines Blutes diesem Tage beruht, kann ich nicht sagen. Es wäre vielleicht kbar, daß die Sonnenbäder, die ich am 5., 6. und 7. Juni nahm, ür verantwortlich zu machen sind.)

Nach einer Stunde war, wie der Wert (19,99 mg H_2O_2) angibt, das esetzte H_2O_2 vollständig zersetzt. Beachten wir noch, daß, wie ch Versuche festgestellt, die Katalasewirkung gegen Ende der Reakn bei nur gerade ausreichendem H_2O_2-Angebot eine Verzögerung eidet, so dürfte es gerechtfertigt sein, zu sagen, daß die Versuchsrdnung nach Bach und Zubkowa für eine quantitative und charakstische Messung der Wirkung der Katalase nicht geeignet ist. Auch auffallende Übereinstimmung ihrer Werte, und derjenigen anderer toren, die nach derselben Methode untersuchten, und das Schwanihrer Katalasezahlen in so engen Grenzen (zwischen 14 und 18), fte in dem Zuwenig an H_2O_2 zu suchen sein. Denn selbst eine talase von stärkerer Kraft kann sich nicht vollständig auswirken, l ihr kein H_2O_2 mehr zur Verfügung steht. Was den Begriff „Prose" angeht, auf deren Wirkung Bach und Zubkowa das Abnehmen Katalasewirkung bei höherer Temperatur zurückführen, so müswir auf Grund unserer Versuche feststellen, daß es erst noch einender Untersuchungen bedarf, ehe man ihr tatsächliches Vorhansein als sicher hinstellen kann. Es ist nach unserer Ansicht sehr hl möglich, daß bei einem gegen äußere Einflüsse so empfindlichen ens, wie es die Katalase nach allem zu sein scheint, der Temperawechsel allein genügt, um das Abnehmen der Wirkung zu verurhen.

Versuch XV.

tlösung 1:1000												
t	1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm		1 cmm	
dünnungs-	7 ccm		7 ccm		5 ccm		5 ccm		7 ccm		7 ccm	
flüssigkeit	aq. dest.		aq. dest.		aq. dest.		aq. dest.		aq. dest.		aq. dest.	
O_2-Lösung	2 ccm 1%		2 ccm 1%		4 ccm 1%		4 ccm 1%		2 ccm 3%		2 ccm 3%	
Minuten	2,2		2,2		4,2		4,2		2,2		2,2	
Minuten	3,6	1,4	3,4	1,2	6,7	2,5	7,0	2,8	4,6	2,4	4,6	2,4
Minuten	6,0	2,4	5,3	1,9	10,0	3,3	10,2	3,2	7,9	3,3	8,2	3,6
Minuten	7,4	1,4	6,4	1,1	12,0	2,0	12,0	1,8	9,9	2,0	10,0	1,8
Minuten	8,3	0,9	7,3	0,9	13,0	1,0	13,2	1,2	11,2	1,3	11,4	1,4
Minuten	8,8	0,5	7,8	0,5	13,4	0,4	13,7	0,5	11,8	0,6	12,2	0,8
Minuten	9,0	0,2	8,0	0,2	13,9	0,5	14,0	0,3	12,3	0,4	12,6	0,4
		6,8		5,8		9,7		9,8		10,0		10,4
0 Minuten	5,2 ccm		4,2 ccm		7,8 ccm		7,8 ccm		7,7 ccm		7,8 ccm	
0 Minuten	6,8 ccm		5,8 ccm		9,7 ccm		9,8 ccm		10,0 ccm		10,4 ccm	

Versuch 15 bekräftigt noch einmal, daß ein Zusatz von 20 mg O_2 zu 1 cmm Blut nicht ausreichend ist. Gleichzeitig läßt der Verh erkennen, daß es gleichgültig ist, ob man das H_2O_2 in einer 1%-

oder 3%-Lösung zusetzt. Eine noch höhere Konzentration zu wä
len, ist, wie wir aus den Versuchen von Pleßner wissen, nicht ratsa
da dann die Versuchsdauer wesentlich verlängert werden muß.

Beim Schluß meiner Untersuchungen kam mir noch eine M
teilung von Alexeev (1930) zur Kenntnis. Auch dieser Autor hält d
Untersuchungsanordnung für die Katalasewirkung von Bach u
Zubkowa für ungeeignet, da bei ihr der H_2O_2-Zusatz nicht ausreich
um in jedem Falle die Wirkung von 1 cmm Blut zu erfassen.

Zusammenfassung.

Bei meinen Untersuchungen fand ich:

1. Bei gerade ausreichender H_2O_2-Menge für ein bestimmtes Blu
quantum, tritt gegen Ende der Reaktion eine Verlangsamung d
Reaktionsgeschwindigkeit ein.

2. Einem Kubikmillimeter Blut des Menschen müssen mindeste
40 mg H_2O_2 zugesetzt werden, um eine annähernd vollständige Ze
setzung zu erzielen.

3. Die doppelte Menge Blut zersezt die doppelte Menge H_2O_2.
Eine vielfache Menge Blut zersetzt eine vielfache Menge H_2O
allerdings muß die Einwirkungszeit entsprechend verlängert werde

4. Eine Versuchsdauer von 1 Stunde ist bei Verwendung v
1 cmm Blut und reichlich H_2O_2 ausreichend.

5. 1% bis 3% H_2O_2-Lösungen können gleichgut verwandt werde

6. Bach und Zubkowa verwenden bei ihren Untersuchungen
wenig H_2O_2, ihre Werte sind daher zu klein. Ebenso ist ihre Ve
suchsdauer zu kurz.

7. 1 cmm Blut zersetzt im Mittel 25 mg H_2O_2 bei Wahrung d
für die Katalasemessung günstigsten Bedingungen.

Die Ermittelung endgültiger Fermentzahlen erfordert öfter u
zahlreiche Untersuchungen, da nur bei einem großen Versuchsmateri
wahre Mittelwerte zu erhalten sind. Vergleichbare Resultate werd
jedoch nur dann erzielt, wenn die Methodik der Katalasemessung h
allen Untersuchern die gleiche ist.

Am Schlusse meiner Arbeit ist es mir eine angenehme und ehre
volle Pflicht, Herrn Professor Dr. Koeppe für die liebenswürdige U
terstützung bei der Abfassung derselben meinen herzlichsten und e
gebensten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Oppenheimer: Die Fermente und ihre Wirkungen (1903).
Bredig: Anorganische Fermente, Leipzig (1901).
Senter: Das H_2O_2 zersetzende Enzym des Blutes. Ztschr. f. physikal. Chemie (1903).
Bach-Chodat: Biochem. Zentralblatt I. Nor. 11/12 (1903).
Neumann-Wender: Enzymologische Studien. Beiträge zur Kenntnis der oxydierenden Enzyme (1904).
Colles-Oppenheim: Beiträge zur Kenntnis der Blutfermente. Virchows Archiv für path. Anat. u. Physiol. u. klin. Med. Bd. 180 (1903).
Colles: Katalysatoren vom physiol. chemisch. Standpunkte. Wiener Med. Wochenschrift. Nr. 12—14 (1905).
Schellhase: Über die Katalase der Milch. Inaugural-Diss. Gießen (1906).
. Dalmady u. v. Torday: Die Zersetzung des H_2O_2 durch Blut. Wien. klin. Wochenschrift. Nr. 16 (1907).
Batelli u. Stern: Die Katalase. Ergebnisse der Physiologie. Bd. 10 (1910).
. Bach: Die langsame Verbrennung und die Oxydationsfermente. Fortschr. der naturw. Forschung I (1910).
Abderhalden: Neuere Anschauungen über den Bau und den Stoffwechsel der Zelle (1916).
Bach u. Zubkowa: Über die Fermentzahlen des Blutes. Biochem. Zeitschrift. Bd. 125 u. 145 (1921).
Terhechte: Über die Katalase des Blutes. Inaugural-Diss. Gießen (1921).
Meyse: Über die Messung der Katalase des Blutes. Inaugural-Diss. Gießen (1922).
Bischoff: Über die katalytische Wirkung des Blutes mit besonderer Berücksichtigung des Kindesalters. Archiv f. Kinderheilkunde. Bd. 82 (1927).
Woltzov: Beitrag zur Katalasebestimmung. Berichte über die gesamte Physiologie (1928).
Schmidt: Über die Katalase des Blutes. Inaugural-Diss. Gießen (1928).
Post: Zur Methodik der Bestimmung der Blutkatalase Inaugural-Dissertation Gießen (1929).
Fleßner: Über die Abhängigkeit der Wirkung der Blutkatalase von der Konz. der dabei verwendeten H_2O_2 lös. Inaugural-Diss. Gießen (1929).
Linze: Abhängigkeit der Katalasewirkung des Blutes von der Temperatur.
Loeppe: U. V. Strahlen und Katalase. Sonderdruck aus Archiv f. Kinderheilkunde (1930).
Lingold: Hämolyse, Blutfarbstoffumbau, Blutfarbstoffzerstörung und Blutfarbstoffschutz. Folia Hamatologica. 42. Bd. Heft 2 (1930).
Plexeev: Beitrag zur Katalasebestimmung. Berichte über die gesamte Physiologie. Bd. 52 (1930).

Lebenslauf.

Ich, Rudolf Müller, bin am 10. März 1905 zu Lank a. Rh. boren. Vom 6.—10. Lebensjahre besuchte ich die Volksschule. Da trat ich in das Progymnasium zu Würselen ein und blieb dort bis z 13. Lebensjahr. Vom 13. bis 19. Lebensjahr besuchte ich die Hind burgschule, Abt. Realgymnasium, zu Aachen und im März 1925 le ich dort die Reifeprüfung ab. Im W. S. 1925/26 begann ich mein dizinstudium in München, wo ich zwei Semester blieb. W. S. 1926 bis 1930/31 studierte ich ausschließlich in Gießen. Ende W. S. 1927 bestand ich hier mein ärztliches Vorexamen und am 19. Dezem 1930 beendigte ich mein Staatsexamen ebenfalls in Gießen.